

University of Groningen

Een beschouwing over de waarde van verschillende onderzoeksmethoden der booggangen

Schierbeek, Piet

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1951

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Schierbeek, P. (1951). *Een beschouwing over de waarde van verschillende onderzoeksmethoden der booggangen*. [, Rijksuniversiteit Groningen]. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

EEN BESCHOUWING OVER DE WAARDE
VAN VERSCHILLENDE ONDERZOEKINGS-
METHODEN DER BOOGGANGEN

P. SCHIERBEEK

EEN BESCHOUWING OVER DE
WAARDE VAN VERSCHILLENDE
ONDERZOEKINGS-METHODEN
DER BOOGGANGEN



STELLINGEN.

I.

Een algemene chirurgische vooropleiding is voor keel-neus-oorartsen van grote betekenis. Het verdient overweging de thans 4-jarige opleiding te splitsen in een 1-jarige chirurgische en een 3-jarige oto-rhino-laryngologische scholing.

II.

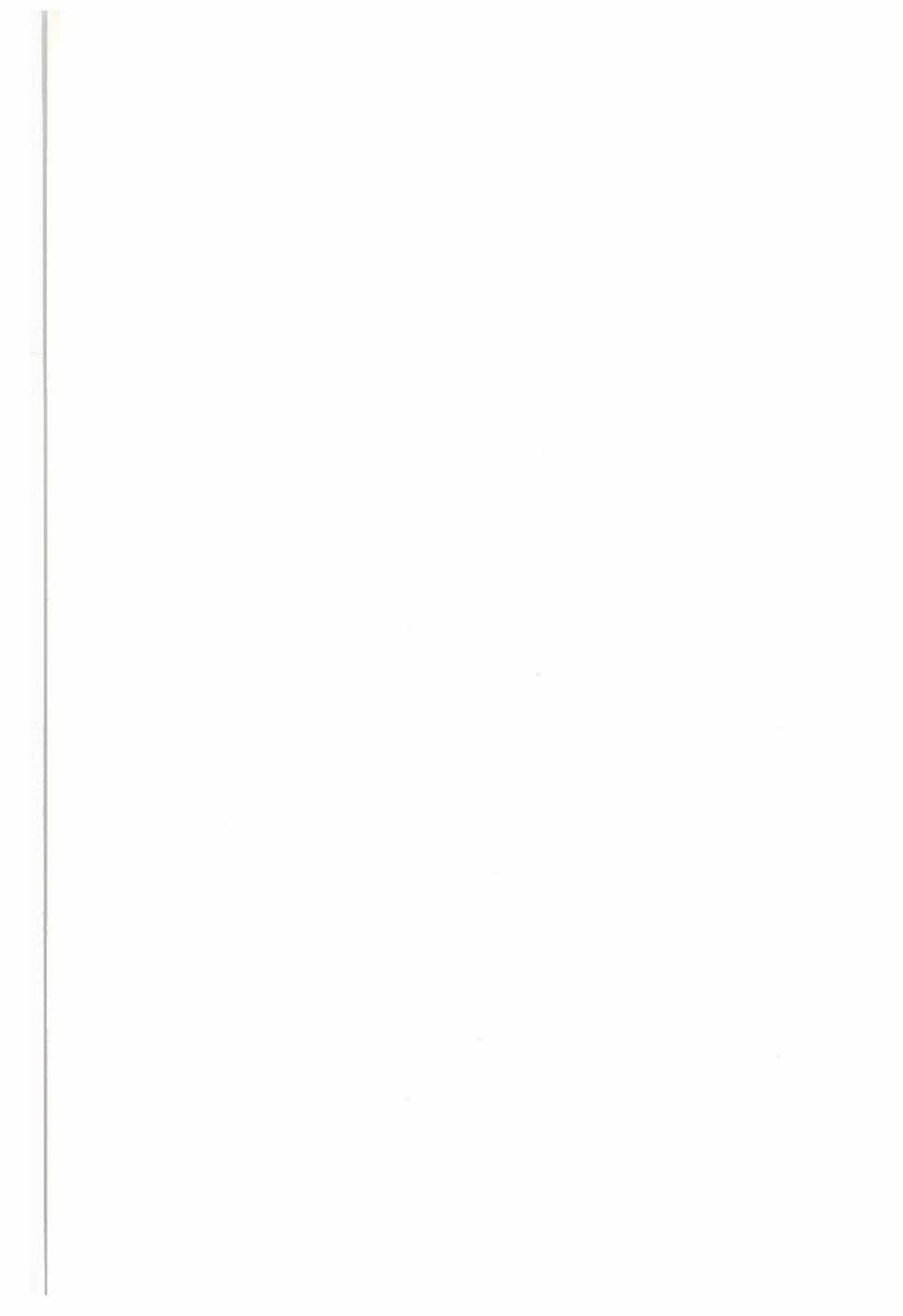
Een succesvol optreden tegen de acute hartstilstand bij patienten vóór, tijdens of kort na chirurgische ingrepen kan slechts worden bereikt door de invoering van een goed-georganiseerd behandelingsschema, waardoor de uitvoering van alle nodige maatregelen binnen 3 minuten is gewaarborgd.

III.

Uit een sociaal oogpunt is het gewenst, dat al diegenen, die als mobilisatieslachtoffer een uitkering ontvangen, ten hoogste 3 jaar na de definitieve toekenning van hun rente door een psychiater worden gekeurd, in het bijzonder met het oog op de functionele component in hun invaliditeit.

IV.

Het is een dringende eis, dat in het leger een vaccinatie tegen tuberculose onder contrôle van de reacties van *von Pirquet* en *Mantoux* wordt ingevoerd.



V.

Bij het voeren van propaganda voor een doeltreffende en vroegtijdige kankerbestrijding is een medisch verantwoorde popularisering van de vroege verschijnselen der meest voorkomende kankers alleszins op zijn plaats. De geuite bedenkingen hiertegen, op grond van een toenemende carcinophobie zijn van ondergeschikt belang.

VI.

Het angiokeratoma corporis diffusum (*Fabry*) is een stapelingsziekte.

VII.

Het ligt op de weg van de Koninklijke Nederlandsche Maatschappij tot Bevordering der Geneeskunst om in de klinische jaren van de medische opleiding leergangen te organiseren in de practische en medisch-etische problemen van het ambt van arts.

VIII.

Onder bepaalde omstandigheden zal aan de conservatieve behandeling van de maagperforatie de voorkeur dienen te worden gegeven boven de chirurgische.

IX.

Bij de studie in de geneeskunde dient het doel in de eerste plaats gericht te blijven op de opleiding van goed onderlegde en voor hun taak berekende huisartsen. Aan een algemeen medicus komt hierbij een belangrijke en integrerende taak toe.

ERRATA.

| | | | | | |
|------|----------|-------|---|---------------|---------------------|
| Pag. | 2, regel | 13 | : | 130 | lees: 150 |
| " | 9, | " 38 | : | oorspieroeren | " : oogspieroeren |
| " | 10, | " 3 | : | hem | " : hen |
| " | 16, | " 26 | : | vesnelling | " : versnelling |
| " | 20, | " 31 | : | 1906 | " : 1908 |
| " | 81, | " 10 | : | Jongkees | " : <i>Jongkees</i> |
| " | 105, | " 32 | : | antomische | " : anatomische |
| " | 106, | " 5—6 | : | symp-tomen | " : sym-ptomen |
| " | 106, | " 17 | : | cerrebellum | " : cerebellum |
| " | 120, | " 2 | : | taxatie | " : ataxie |
| " | 128, | " 29 | : | duidlijk | " : duidelijk |
| " | 131, | " 31 | : | 10° | " : 20° |



EEN BESCHOUWING OVER DE WAARDE VAN VERSCHILLENDE ONDERZOEKINGS- METHODEN DER BOOGGANGEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE
RIJKS-UNIVERSITEIT TE GRONINGEN, OP
GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
DR M. J. SIRKS, HOOGLERAAR IN DE
FACULTEIT DER WIS- EN NATUUR-
KUNDE, TEGEN DE BEDENKINGEN VAN
DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE TE
VERDEDIGEN OP WOENSDAG 20 JUNI 1951
DES NAMIDDAGS TE 3 UUR

DOOR

PIET SCHIERBEEK

ARTS

GEBOREN TE PEMATANG SIANTAR



AAN MIJN OUDERS



VOORWOORD.

Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid U, Hoogleraren, Oud-Hoogleraren en Docenten van de medische faculteit der Rijks-Universiteit te Groningen te danken voor het geboden onderwijs.

In het bijzonder geldt mijn dank U, Hooggeleerde *Huizinga*, Hooggeachte promotor. Uw grote ervaring en Uw kennis, die ver uitgaat boven het — mede door Uw onverpoosde werk verruimde — terrein der keel-neus-oorheelkunde, vormen een immer vloeiende bron, waaraan zich Uw leerlingen, ook na het voleinden hunner opleiding gaarne blijven laven. Dat ik U mijn leermeester mag noemen vervult mij met enige trots. De bijzonder hartelijke verstandhouding, die Gij in Uw kliniek met Uw medewerkers weet te handhaven, maakt voor mij de aldaar doorgebrachte periode tot een der mooiste van mijn leven. Voor de stimulerende leiding, die Gij mij hebt gegeven bij het bewerken van dit proefschrift, breng ik U mijn oprechte dank.

Zonder Uw grote kennis en zonder Uw interesse in de physica van het vestibulaire orgaan, Hooggeleerde *de Vries*, zou dit proefschrift nimmer tot stand zijn gekomen. Ik ben U voor Uw voorlichting op dit moeilijke terrein zeer erkentelijk.

Geleerde *Dijkhuis*, mijn vorming tot arts zou op een essentieel punt tekort zijn geschoten, zonder de nooit falende blijmoedigheid, waarmee Gij mij in het mooie, doch veeleisende werk van de huisarts ten plattelande hebt willen voorgaan. Dat Gij deze blijmoedigheid, onder voor U zeer moeilijke omstandigheden, ook nog tot het scheppen van een voor mij en mijn gezin gelukkige periode hebt kunnen aanwenden, vervult mij met diep respect.

U, mede-assistenten gedurende de afgelopen jaren, breng ik gaarne dank voor de prettige wijze, waarop wij hebben kunnen samenwerken en voor het vele, dat ik ook van U heb geleerd.

Zeër geachte *Volckmann* en *Kuitert*, Uw technische vaardigheid

en bovenal Uw voortdurende bereidwilligheid in het uitvoeren van grafieken en tekeningen en bij het verrichten van proeven, stemmen mij ook jegens U bijzonder erkentelijk.

De vele en langdurige opofferingen, welke mijn ouders zich voor het voltooien van mijn academische vorming hebben getroost en het belang, dat zij er aan hebben gehecht, dat ik tijdens mijn studie lid zou zijn van het Groninger Studenten Corps „*Vindicat atque Polit*” vervullen mij jegens hen met grote dankbaarheid. Ik weet, dat het verschijnen van dit proefschrift voor hen een grote voldoening betekent en een verzachting van geleden, onherstelbare verliezen.

Aan allen, die aan de totstandkoming van dit proefschrift hebben medegewerkt, breng ik voorts gaarne mijn dank.

INHOUD

| | Blz. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INLEIDING | 1 |
| HOOFDSTUK I | |
| Historisch overzicht betreffende het vestibulaire onder- zoek door middel van rotatoire prikkels | 3 |
| HOOFDSTUK II | |
| Eigen waarnemingen betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van rotatoire prikkels | 29 |
| HOOFDSTUK III | |
| Het minimum-perceptibile van de draaigewaarwording | 51 |
| HOOFDSTUK IV | |
| Historisch overzicht betreffende het vestibulaire onder- zoek door middel van calorische prikkels | 60 |
| HOOFDSTUK V | |
| Eigen waarnemingen betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van calorische prikkels | 75 |
| HOOFDSTUK VI | |
| Enige experimenten door middel van rotatoire prikkels bij de duif vóór en na ingrepen aan het labrynth. | |
| 1. de normale duif | 85 |
| 2. doorsnijding van de horizontale booggang | 91 |
| 3. extirpatie van het labrynth | 95 |
| 4. fenestratie van de horizontale booggang | 99 |
| HOOFDSTUK VII | |
| Enkele gegevens en uitkomsten betreffende het onder- zoek van patienten | 103 |
| HOOFDSTUK VIII | |
| Bespreking der resultaten en conclusies | 131 |
| TABELLEN | 141 |
| SAMENVATTING | 151 |
| SUMMARY | 154 |
| RÉSUMÉ | 157 |
| ZUSAMMENFASSUNG | 160 |
| LIJST VAN GERAADPLEEGDE LITTERATUUR | 163 |



INLEIDING.

De belangrijke mededelingen uit de Utrechtse Universiteitskliniek voor keel-, neus- en oorziekten van de hand van *van Egmond, Jongkees, Groen* en *Hulk* betreffende het onderzoek van het vestibulaire apparaat door middel van kleine gedoseerde draaiprikkels, waarbij vooral aan de meting van de postrotatoire sensatieduur een grote waarde wordt toegekend, hebben aan de gebruikelijke onderzoekingsmethoden een geheel nieuwe toegevoegd. De waarde van deze methode, waaraan de genoemde auteurs de naam *cupulometrie* hebben gegeven, lijkt in de eerste plaats gelegen te zijn in het feit, dat het booggangensysteem wordt onderzocht door middel van prikkels van physiologische aard en sterkte. Het leek ons van betekenis deze methode ook in de Groninger kliniek op haar waarde te toetsen en de door ons opgedane ervaringen te voegen bij de bestaande, die alle afkomstig zijn uit de kliniek waar de methode haar oorsprong vond.

Aangezien in de laatste jaren bovendien een duidelijk streven merkbaar is om te geraken tot een standaardisering van het klinische vestibulaire onderzoek, o.m. blijkend uit een daartoe gevormde commissie in het Collegium Otolaryngologicum Amicitiae Sacrum, leek het ons tevens gewenst om de verschillende gebruikelijke methoden van onderzoek van het booggangensysteem door middel van rotatoire en calorische prikkels aan een vergelijkend onderzoek te onderwerpen, teneinde een indruk te krijgen van de waarde van elk dezer methoden en te trachten een antwoord te vinden op de vraag welke methode — of combinatie van methoden — tot de beste resultaten voert.

Deze vraag, waarbij in het bijzonder aandacht wordt geschonken aan de Utrechtse methode van onderzoek, de *cupulometrie*, vormt dan ook de kern van dit proefschrift, waarin in Hoofdstuk I een overzicht wordt gegeven van het vestibulaire onderzoek door middel van rotatoire prikkels, gebaseerd als het is op de klassieke dier-

experimenten. In Hoofdstuk II en III worden aan de hand van een eigen onderzoek de postrotatoire reacties en gewaarwordingen en het minimum-perceptibile van de draaigewaarwording nagegaan, zoals deze bij normale proefpersonen optreden. Hoofdstuk IV is gewijd aan een overzicht betreffende het onderzoek door middel van calorische prikkels, waarvan de waarde, mede aan de hand van een eigen onderzoek in Hoofdstuk V, kritisch wordt beschouwd. Enkele moeilijkheden bij de interpretatie van de bij het rotatoire onderzoek gevonden uitkomsten waren aanleiding tot het verrichten van een serie proeven bij duiven, waaraan in Hoofdstuk VI een bespreking wordt gewijd. In Hoofdstuk VII wordt getracht om aan de hand van de gegevens, verkregen bij het onderzoek van ongeveer 130 patienten te geraken tot een waardebepaling van de verschillende gebruikte onderzoekingsmethoden in de praktijk. In Hoofdstuk VIII volgt tenslotte een bespreking der resultaten en de formulering van enkele conclusies.

HOOFDSTUK I.

Historisch overzicht betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van rotatoire prikkels.

Het klinische vestibulaire onderzoek kan nog niet bogen op een lange geschiedenis. De invoering van een systematisch onderzoek, o.a. door rotatoire prikkels stamt uit 1906, toen *Bárány* in een belangrijke monografie het gehele onderzoek van het vestibulaire orgaan beschreef. Experimenteel onderzoek bij dieren vormt ook hier de basis van onze kennis en op dit terrein vangt de geschiedenis aan in het jaar 1824 met de onderzoekingen van *Flourens*. Wel was vóór deze tijd op anatomisch gebied al zeer veel bekend. Zo geeft *Gabriele Falloppia* reeds in 1561 een nauwkeurige beschrijving van de booggangen bij dieren en bij de mens. Men schreef aan deze organen echter een acoustische functie toe. De nystagmus als verschijnsel werd reeds in 1801 door *Erasmus Darwin* beschreven en ook *Purkinje* beschrijft in 1820 op nauwkeurige en juiste wijze de oognystagmus na snelle rotaties. Hij merkt o.a. op, dat de richting van deze nystagmus slechts afhankelijk is van het vlak waarin de rotatie wordt uitgevoerd en niet van de stand van het hoofd daarna.

Het is echter *Flourens* geweest, die voor het eerst het verband wist te leggen tussen de booggangen en opmerkelijke stoornissen in het evenwicht, toen hij bij een onderzoek naar de veronderstelde acoustische functie van deze organen een aantal uiterst nauwkeurige doorsnijdingsproeven uitvoerde. Zo zag hij na de doorsnijding van de beide horizontale kanalen bij duiven spontane rhythmische kopbewegingen optreden, die werden uitgevoerd in het vlak van deze booggangen. Doorsneed hij bij duiven de beide voorste verticale kanalen, dan zag hij soortgelijke kopbewegingen optreden, nu echter in een verticaal vlak, terwijl het dier neiging vertoonde voorover te vallen. Bij doorsnijding der beide achterste

kanalen bestond neiging om achterover te vallen. Hij gaf van zijn proeven de volgende formulering : *Doorsnijding van een kanaal geeft aanleiding tot een serie bewegingen, die worden uitgevoerd in de richting van dat kanaal.*

Voorts zag *Flourens*, dat uitschakeling van een labyrinth aanleiding gaf tot het optreden van evenwichtsstoornissen in de vorm van afwijkingen van de kop naar de gelaedeerde zijde, van afwijkingen bij vliegen en lopen in dezelfde richting, benevens een dwangstand van de kop. Zelfs wijst hij reeds op de bestaande overeenkomst tussen deze verschijnselen bij het proefdier en de evenwichtsstoornissen, die iemand aan zichzelf kan waarnemen na het uitvoeren van een aantal snelle rotaties, of na langdurig en heftig heen en weer schudden van het hoofd. Al deze fraaie experimenten van *Flourens* raakten echter spoedig in vergetelheid, nadat ze ook in zijn eigen tijd slechts weinig waardering hadden gevonden.

In 1861 vestigde *Prosper Menière* de aandacht op de betekenis van het labyrinth bij de mens voor de evenwichtsfunctie. Deze Parijse clinicus beschreef een 11-tal patienten, die leden aan apoplectiforme aanvallen van duizeligheid zonder bewustzijnsverlies, gepaard gaande met braken, oorsuizen en doofheid. Zijn mening, dat het organische substraat van deze stoornissen was gelegen in het labyrinth, baseerde hij op de vondst bij de obductie van een jong meisje, dat na een lange en koude rit boven op een diligence plotseling was gaan lijden aan éénzijdige doofheid met heftige duizeligheid en braken en dat spoedig daarna overleed. Bij de schedelsectie werd een bloedig exsudaat in het binnenoor en de booggangen aan één zijde gevonden, terwijl hersenen, ruggemerg en meningen benevens het labyrinth van de andere zijde geheel normaal bleken te zijn. Aan het bovengenoemde syndroom is sedertdien de naam van *Menière* verbonden gebleven. Men dient zich echter te realiseren, dat deze naam niets zegt omtrent het organische substraat. De verschillende interpretaties van het begrip „*Menière*” hebben tot veel begripsverwarring aanleiding gegeven (*van Deinse, Lyman*).

In 1870 verscheen een belangrijke publicatie van de physioloog *Goltz*. Weliswaar voerde *Goltz* zijn experimenten vrij ruw uit en waren deze niet te vergelijken met die van *Flourens*, maar zijn

interpretatie was zeer goed. Hij werkte bovendien in een periode, waarin de tijd rijp was voor belangstelling voor dit onderdeel van de physiologie, zodat zijn publicaties in ruime kring de aandacht trokken. *Goltz* is de eerste geweest, die het labrynth beschouwde als de zetel van de evenwichtszin. Kort na hem publiceerden, onafhankelijk van elkaar, binnen het tijdsverloop van een jaar drie verschillende onderzoekers mededelingen, die klassiek zijn geworden. Het waren de Weense medicus *Breuer*, de wiskundige en filosoof *Mach* en de Britse medicus *Crum Browne*. *Breuer* voerde een groot aantal nauwkeurige experimenten uit, waarin hij de proeven van *Flourens* herhaalde, doch aan de hier-tegen aangevoerde bezwaren tegemoet kwam, door de afzonderlijke booggangen galvanisch te prikkelen, waarbij hij, zonder dus enig letsel aan de booggang te veroorzaken, tot dezelfde bevindingen kwam.

Breuer kwam op grond van zijn dier-experimenten tot de slotsom, dat de booggangen te vergelijken zijn met gesloten ringvormige buizen, gevuld met vloeistof, waarin de crista met de cupula als een penseel is geplaatst. Indien men zulk een ring ronddraait, blijft de vloeistof hierin tengevolge van eigen traagheid achter en beweegt derhalve ten opzichte van de wand van de buis in tegengestelde richting. Indien men echter eenparig verder roteert zal de vloeistof tengevolge van wrijving met de wand langzamerhand mee gaan roteren, zodat een eenparige rotatie tenslotte resulteert in een systeem in rust. Volgens berekening is dit reeds na enkele milli-seconden het geval (*de Vries*).

Indien men het ringvormige systeem na een eenparige rotatie aan een vertraging onderwerpt gebeurt precies het omgekeerde: De vloeistof zal tengevolge van eigen traagheid ten opzichte van de wand door blijven vloeien en ook deze beweging zal tenslotte eindigen tengevolge van adhaesie en wrijving. Voor dit systeem en dus ook voor de booggangen vormt de hoekversnelling de specifieke prikkel.

Mach voerde een groot aantal proeven uit en kwam op grond van berekeningen tot eenzelfde resultaat, evenals *Crum Browne* die van dezelfde redenering uitging als *Breuer*. *Mach* twijfelde, mede op grond van modelproeven, aan de mogelijkheid van een werkelijke vloeistofstroom in een zo nauw kanaal als de booggang

en was van mening dat niet een *hydrodynamische*, doch een *hydrostatische* invloed op de cupula werd uitgeoefend: de cupula zou dus niet worden afgebogen door de endolymphestroom, doch door de uitgeoefende druk geprikkeld worden op een zelfde wijze als de tastlichaampjes in de huid. Bij deze mening sloot zich ook *Breuer* aan. *Breuer* is ook de eerste geweest die bij zijn proeven de tijdens en na rotatie optredende kopdeviatie en nystagmus bij de duif nauwkeurig beschreef, evenals de gelijksoortige oogbolbewegingen bij het konijn en bij de mens en die deze verschijnselen goed heeft weten te duiden als vestibulaire reflexen. Aanvankelijk schrijft hij vaak over „draaigewaarwordingen” bij zijn proefdieren, die aanleiding zouden geven tot de genoemde bewegingen, maar uit zijn latere publicaties is toch duidelijk dat hij, vooral door de invloed van *Ewald*, het vestibulaire orgaan meer als een reflex-orgaan heeft gezien. Ook wees *Breuer* er op, dat het noodzakelijk is bij deze proeven optische prikkels uit te sluiten, hetzij door het gebruik van een kopkap, hetzij door dichthechten van de oogspleet.

Al de tot nu toe genoemde experimenten betreffen het booggangensysteem. *Breuer* en ook *Mach* hadden echter reeds de overtuiging, dat de booggangen, specifiek reagerend op hoekversnellingen, niet geschikt waren om op standsveranderingen in de ruimte of op lineaire versnellingen te reageren. *Breuer* onderscheidt dan ook de booggangen scherp van de otolithen van utriculus en sacculus en stelt een *dynamische* zin, die wat de hoekversnellingen betreft gelocaliseerd is in de booggangen en wat de lineaire versnellingen betreft in de otolithen, tegenover een *statische* zin, die gebonden is aan de otolithen.

In 1892 wordt aan de bestaande kennis wederom aanzienlijke uitbreiding gegeven door het werk van *Ewald*, die zeer nauwkeurige experimenten deed bij de duif. Deze proeven leidden tot zijn opvattingen betreffende het *tonus-labyrinth*. Elk labyrinth oefent een voortdurende invloed uit op de tonus, voornamelijk van de homolaterale spieren van de ogen en van het skelet, bij de duif het duidelijkst op de halsspieren. Uitschakeling van één labyrinth, doet deze tonus verdwijnen en geeft aanleiding tot het overheersen van de invloed van het resterende labyrinth. Daarnaast heeft hij door zijn experimenten met de „pneumatische hamer” bij de duif

een ook voor de kliniek zeer belangrijke opvatting betreffende de werkzaamheid van de endolymphestromingen in twee richtingen in de verschillende kanalen beschreven: indien hij een endolymphestroom veroorzaakte in de richting van de ampul, dan zag hij dat deze ampullopetale stroom in het horizontale kanaal een duidelijke kopbeweging in het vlak van dit kanaal en in de richting van de endolymphestroom tot gevolg had. De kop keerde daarna weer langzaam tot de normale stand terug. Een daaropvolgende drukvermindering met als gevolg een ampullofugale stroom had echter vrijwel geen effect. Indien hij dezelfde proef aan een der verticale kanalen uitvoerde, was het resultaat omgekeerd: de ampullopetale stroom had geen effect, de ampullofugale wél. *Ewald* vatte de resultaten van deze proeven als volgt samen: *In het horizontale kanaal is de ampullopetale endolymphestroom veel sterker werkzaam dan de ampullofugale. In de verticale kanalen is juist de ampullofugale endolymphestroom sterker werkzaam dan de ampullopetale. De meest effectieve endolymphestroom geeft aanleiding tot een nystagmus, gericht naar de zijde van het geprikkelde kanaal, de minder effectieve endolymphestroom geeft aanleiding tot een nystagmus gericht naar de tegengestelde zijde.* In de literatuur worden de eerste twee dezer regels meestal samengevat als de *2e wet van Ewald*, terwijl de reeds genoemde regel van *Flourens* als de *1e wet van Ewald* of de wet van *Flourens-Ewald* bekend staat.

Ongeveer in dezelfde tijd als *Ewald* werkte in Hongarije de physioloog *Högyes*. Zijn werk is eerst door een duitse vertaling van *Sugar* in 1913 algemeen bekend geworden en daardoor is zijn invloed op de ontwikkeling van de vestibulaire physiologie niet groot geweest. Toch heeft *Högyes* veel van de door *Ewald* gevonden feiten ook reeds beschreven. Bovendien bestudeerde *Högyes* zeer nauwkeurig de nystagmusbewegingen bij konijnen vóór en na booggangdoorsnijding en na vrijleggen van de verschillende oogspieren, waaruit hij besloot tot het bestaan van centrale verbindingen van iedere booggang met de oogspierkernen, ook van de andere zijde. Omtrent deze verbindingen werd later door *Bartels*, met behulp van de door *Topolansky* aangegeven techniek voor het registreren van de spierconcentraties der geïsoleerde oogspieren veel belangrijk werk gedaan. O.a. kon hij de reciproke innervatie

der oogspieren volgens *Sherrington* ook met betrekking tot vestibulaire prikkels aantonen. *Högyes* toonde voorts aan, dat de postrotatoire nystagmus na éézijdige labyrinthextirpatie een duidelijke verzwakking onderging na rotatie in de richting van het overgebleven labyrinth en dat na verloop van kortere of langere tijd een zekere compensatie optrad, die het verschil tussen de nystagmus in beide richtingen teniet deed. Deze compensatie werd later genoemd naar *Ruttin*, die dit verschijnsel bij de mens aantoonde.

In verband hiermee zijn de experimenten van *Bechterew* in 1883 van grote betekenis geweest. Deze onderzoeker vond, dat, indien men na eenzijdige labyrinthextirpatie het optreden van compensatie afwacht, de extirpatie van het andere labyrinth opnieuw aanleiding geeft tot het optreden van verschijnselen, die de indruk wekken alsof het eerst geëxtirpeerde labyrinth nog aanwezig was. Hij concludeerde daaruit dat de vestibulaire kernen in de herstenstam de functie van het perifere labyrinth overnemen. Deze „*Bechterew-nystagmus*” is in de vestibulaire pathologie een verschijnsel van zeer grote betekenis geworden, waarop wij nog een aantal keren zullen terugkomen. Doorsnijding van de *N. octavus* had hetzelfde gevolg als labyrinth-extirpatie. Na *Bechterew* hebben een groot aantal onderzoekers de verbindingen van het vestibulaire orgaan met de grote en kleine hersenen onderzocht en de invloed nagegaan van extirpatie van allerlei delen van het C.Z.S. op de evenwichtsfunctie. Bij al deze proefnemingen speelde de vestibulaire reactie op toegediende rotatoire prikkels vanzelfsprekend een grote rol. Naast rotatoire prikkeling was de calorische en de elektrische prikkeling van grote betekenis. Op de calorische prikkeling komen wij in Hoofdstuk IV terug. Bij de rotatoire prikkeling bleek aan verscheidene onderzoekers, dat de intensiteit der verschijnselen niet alleen bij verschillende dieren van één soort, doch ook bij eenzelfde dier, op verschillende ogenblikken sterk uiteen liep, zelfs indien hierbij nauwkeurig dezelfde omstandigheden werden geschapen. Door *Mowrer* werd de invloed van de optokinetische op de vestibulaire nystagmus uitvoerig nagegaan. Zijn proeven werden herhaald, bevestigd en uitgebreid door *van der Meulen*. Het bleek dat de optokinetische nystagmus een versterkende invloed heeft op de perrotatoire vestibulaire nystagmus, doch dat de door hen aangetoonde optokinetische na-reactie een dempende invloed heeft op

de postrotatoire vestibulaire nystagmus. *Van der Meulen* ging bovendien de invloed na, die decerebratie der duiven op de vestibulaire en optokinetische reacties heeft en vond, dat hierdoor de vestibulaire reactie, althans de nystagmus, intensiever en minder wisselend van karakter wordt, terwijl de optokinetische nystagmus wordt verzwakt. *Ter Braak* en ook *de Kleyn* en *Rademaker* beschreven twee vormen van optokinetische nystagmus, een corticale (kijk-) nystagmus en een subcorticale (staar-) nystagmus. Volgens *de Kleyn* en *Rademaker* volgt de subcorticale nystagmus grotendeels dezelfde banen als de vestibulaire nystagmus.

Een belangrijke vraag is, waar de snelle phase van de nystagmus zijn oorsprong vindt. *Bartels*, wiens fraaie experimenten wij reeds noemden, meende dat deze wordt opgewekt in de zenuweindigingen der oogspieren. Latere experimenten van *de Kleyn* hebben echter aangetoond, dat de volledige nystagmus blijft bestaan, indien men de vrijgeprepareerde oogspieren met procaine inspuit. Ook de opvatting van *Maupetit*, dat de snelle nystagmusphase in het vestibulaire orgaan zelf ontstaat kan niet juist zijn, getuige de *Bechterew*-nystagmus. De snelle phase moet dus centraal ontstaan. Interessant zijn in dit opzicht een experiment en een klinische waarneming van *de Kleyn*: bij een konijn, waarbij de beide hersenhemisferen, het cerebellum en de oogbollen zijn geëxtirpeerd en waarbij de hersenen zijn doorsneden vlak vóór de kernen van de N.abducens (zodat de NN.oculomotorius en trochlearis zijn uitgeschakeld) en vlak achter de vestibulaire kernen, kan een volledige nystagmus worden opgewekt. Daarnaast was hij in staat een menselijk monstrum te onderzoeken, dat een week leefde en waarbij eveneens een volledige nystagmus kon worden opgewekt. Bij het post-mortale onderzoek bleek, dat hier dezelfde reflexbaan bestond als bij het bovengenoemde proefdier, terwijl alle andere verbindingen uitgesloten waren. Experimenteel neurologisch werk, vooral van *Lorente de Nó* en van *Spiegel* en *Sommer* heeft deze vraag nader tot de oplossing gebracht. *Lorente de Nó* meende op grond van zeer circumscripct aangebrachte laesies in de middenhersenen te kunnen besluiten tot een centrum voor de snelle nystagmusphase in de substantia reticularis rhombencephali. *Spiegel* en *Price* constateerden echter, dat het hier slechts voorbijgaande beschadigingen betrof en dat de oorspierkernen, de hersenhemisferen, het

cerebellum, het diencephalon en de substantia reticularis niet onontbeerlijk zijn voor het tot-stand-komen van de volledige nystagmus. De snelle nystagmusphase wordt derhalve volgens hem opgewekt in de vestibulaire kernen zelf.

Bij al deze proeven kwamen tot nu toe vrijwel uitsluitend de booggangen ter sprake en inderdaad is de studie en de kennis betreffende de andere delen van het evenwichtsorgaan langen tijd ver achtergebleven bij die der booggangen. Voor een deel berust dit er op, dat het hier reflexen betreft, die een gedeelte vormen van een zeer ingewikkeld systeem, waardoor de houding en de stand van mens en dier worden bepaald en waarbij ook andere, niet-vestibulaire prikkels een belangrijke rol spelen.

Breuer was met zijn geniaal inzicht reeds in staat de prikkels ten gevolge van hoekversnellingen in de booggangen te localiseren, terwijl hij prikkels ten gevolge van lineaire versnellingen en standsveranderingen van de kop in de ruimte in de utriculus achtte te ontstaan. Een belangrijk deel van onze huidige kennis betreffende de vestibulaire reflexen danken wij aan het fundamentele werk van *Magnus* en *de Kleyn*, die in een reeks experimenten met gedecerebreerde dieren de verschillende reflexen van kop, ogen, hals, romp en extremiteiten op standsveranderingen en progressieve bewegingen bestudeerden en op grond hiervan tot een indeling kwamen, die de booggangen als organen, reagerende op dynamische prikkels onderscheidt van de otolithen als organen, reagerende op statische prikkels.

Hun klassieke experimenten gelden heden ten dage nog in belangrijke mate als basis voor onze kennis, doch vooral met betrekking tot de reactie van de booggangen op lineaire versnelingen heeft hun opvatting geen stand kunnen houden.

Latere experimenten, waarbij het mogelijk bleek delen van het labyrint uit te schakelen zonder beïnvloeding van de resterende delen hebben onze inzichten zeer verruimd. Met name betekende de mogelijkheid, om bij vrijwel de gehele reeks der gewervelde dieren de pars inferior van het labyrint te verwijderen zonder noemenswaardige beschadiging van de pars superior, een essentieel winstpunt voor de kennis van de vestibulaire physiologie. Al deze experimenten o.a. van *Parker* en *Maxwell* bij vissen, *Maxwell*, *Mac Nally* en *Tait* bij amphibieën, *Benjamins* en *Hui-*

zinga bij vogels en *Versteegh* bij zoogdieren hebben waarschijnlijk gemaakt, dat aan de sacculus slechts een zeer ondergeschikte vestibulaire functie kan worden toegekend, daarentegen wel een acoustische (*von Frisch en Stetter*). Door *de Burlet* is betoogd, dat ook anatomisch deze scheiding bestaat met de membrana limitans als grens. Algemeen wordt tegenwoordig dan ook aangevaard, dat het evenwichtsorgaan bestaat uit de drie halfcirkelvormige kanalen en de utriculus. Door *Kubo, Maxwell* en vele anderen werd de opvatting van *Magnus* en *de Kleyn* bestreden en werd de perceptie van lineaire versnellingen toegeschreven aan de otolithen. De scherpe scheiding tussen de *reacties*, opgewekt door de booggangen enerzijds en de otolithen anderzijds, schijnt echter niet in al zijn scherpheid houdbaar te zijn. Zo vonden *Tait* en *Mac Nally*, dat de utriculus ook reageert op sterke hoekversnellingen. Omgekeerd blijken de booggangen, althans de verticale, ook een invloed te hebben op de spiertonus. *Groebels* vond bijv., dat de labyrintaire stel-reflexen voor een deel hun oorsprong vinden in de cristae en *Huizinga* kon bij de duif een duidelijk verschil in de spiertonus van hals- en vleugelspieren aantonen vóór en na booggangdoorsnijding.

Mac Nally en *Tait*, *Rademaker* en *Garcin* en *de Kleyn* en *Versteegh* toonden aan, dat bij snel kippen van proefdieren en patienten om verschillende assen reflexen worden opgewekt in de verticale booggangen. Zo blijkt, dat de cristae een bijzondere geschiktheid hebben om te reageren op hoekversnellingen en de otolithen op lineaire versnellingen en op standsveranderingen van het hoofd in de ruimte, doch dat zij voorts gedeeltelijk synergistisch, gedeeltelijk antagonistisch werken.

Groen, die de vraagstukken der vestibulaire prikkeling uit een fysisch standpunt benaderde, kwam op grond van berekeningen en proeven met normale personen tot belangwekkende conclusies: indien iemand geroteerd wordt met een hoekversnelling van $2^\circ/\text{sec}^2$, dan krijgt hij een draaigewaarwording, die na ongeveer 40 seconden zijn maximum bereikt. Bij lineaire versnellingen van dezelfde grootte wordt dit maximum reeds bereikt in 0.1 tot 0.2 seconde. De z.g. aanwijstijd is hier dus een factor 400 kleiner. Dit grote verschil maakt op zich zelf reeds het bestaan van twee verschillende perceptieorganen waarschijnlijk. Volgens *Groen* berust

het maken van een onderscheid tussen dynamische en statische prikkels op een denkfout. Al die gewaarwordingen, die iets uitstaande hebben met de diepe sensibiliteit, zijn niet het gevolg van een statisch iets, doch van de versnelling van de zwaartekracht. Het enige verschil tussen deze versnelling en de versnellingen die wij kunnen toevoeren, is gelegen in het feit, dat de zwaartekracht overal en ten allen tijde zijn invloed doet gelden. Indien wij ons een proefpersoon denken, ergens in een kooi zwevend buiten de invloed van de zwaartekracht, zou op zijn cristae noch op zijn otolithen enige kracht uitgeoefend worden. Indien wij nu aan deze kooi een versnelling zouden kunnen geven van 1000 cm/sec^2 , dus gelijk aan de zwaartekrachtsversnelling, dan zouden we daarmee een toestand scheppen zoals die op de aarde steeds aanwezig is. Niemand zou dit echter een statische toestand willen noemen. Op grond van deze overwegingen delen *Jongkees* en *Groen* de vestibulaire reflexen als volgt in: booggangsreflexen op hoekversnellingen, otolith-reflexen op lineaire versnellingen, die de resultante vormen van de zwaartekracht enerzijds en lineaire of centrifugale versnellingen anderzijds. Door middel van proeven op de draaischijf en op de parallelschommel van *Wojatschek* weten zij door het nagaan van de door de proefpersoon aangegeven standsveranderingen de werking van de otolithen en maculae in de utriculus op elegante wijze aan te tonen.

Aangezien dit proefschrift handelt over de methoden van onderzoek naar de functie van het booggangensysteem zullen wij op dit gebied niet nader ingaan. In verband met ons onderzoek is echter één punt van grote betekenis: een *nystagmus als gevolg van een otolithprikkeling is experimenteel nimmer aangetoond*.

Een zeer belangrijke stap voorwaarts en een bevestiging van de theorie van *Mach-Breuer* vormden de experimenten van *Maier* en *Lion*, *Steinhausen* en *Dohlman*. *Maier* en *Lion* konden bij de duif bij snelle draaiing een duidelijke endolymphestroom aantonen, waarmee zij een sterke steun verleenden aan de hydrodynamische theorie. *Steinhausen* kon door een minitieuze operatietechniek en een vernuftige proefopstelling bij de levende snoek de cupula zichtbaar maken en de invloed van rotatoire en calorische prikkels bestuderen. Tot die tijd was de cupula slechts bekend uit gefixeerde preparaten, aangezien in levende toestand endolympe en cupula

dezelfde brekingsindex hebben, zodat de cupula in de endolymphe niet zichtbaar is.

Steinhausen maakte in de vliezige booggang van de snoek onder water een zeer kleine opening dicht bij de ampul en bracht hierin door middel van een micro-pipet een druppeltje O.I. inkt, waarvan de deeltjes zich door oppervlaktewerking aan de kanaalzijde op de cupula hechtten. Na deze manipulatie sloot hij de gemaakte opening. Het bleek nu, dat geen partikel van de suspensie via het ampuldak de andere zijde van de cupula bereikte en dat de cupula derhalve de ampul geheel afsloot. Indien hij nu de snoek roteerde, zag hij dat tengevolge van de hoekversnelling of -vertraging, een afbuiging van de cupula optrad in de richting van de endolymphestroom. De cupula ging na het eindigen van de hoekversnelling of -vertraging zeer langzaam terug naar de oorspronkelijke stand. Gelijk met de cupulabeweging trad bij de levende snoek een oogdeviatie op in de richting van de endolymphestroom, waarbij *Steinhausen* voor de horizontale en verticale kanalen een bevestiging vond van de 2e wet van *Ewald* met betrekking tot de ampullopetale en ampullofugale stromingen. Eenzelfde resultaat verkreeg hij bij calorische prikkeling en door directe mechanische prikkeling op dezelfde wijze als met de pneumatische hamer van *Ewald*. Bij deze laatste vormen van prikkeling bleken de deviaties van de cupula zeer aanzienlijk te zijn, in tegenstelling tot de minimale uitwijkingen bij rotatoire prikkeling. *Steinhausen* voegde aan zijn fraaie experimenten nog uitvoerige berekeningen toe aangaande de bewegingen van de cupula, die hij op grond van de eigen elasticiteit opvatte als een kruipend gedempt slingersysteem. Zijn mathematische overwegingen vormen een uitbreiding op de berekeningen van *Gaede*, *Schilling* en *Schmaltz*. Zijn proeven vormen in de eerste plaats een volledige bevestiging van de opvattingen van *Mach* en *Breuer* en maken in de tweede plaats de lange na-reactie, die de duur van de prikkel ver overtreft, begrijpelijk. Een na-reactie treedt op zolang een cupuladeviatie bestaat. Tegenover deze opvatting, die de lange na-reactie verklaart uit een perifere oorzaak, staat nog steeds de theorie die aanneemt, dat een kortdurende perifere prikkel, uitgaande van de cristae, aanleiding geeft tot een aantal langer durende rhythmische ontladingen in de hersenstam. Deze opvatting vond o.a. steun in de experimenten van *Mowrer*, die bij prikkeling

van de N.vestibularis bij de schildpad actiestromen kon aantonen, die echter slechts een fractie van een seconde aanhielden. Ross wist na het toedienen van rotatoire prikkels bij de kikvors eveneens potentiaalschommelingen af te leiden. Door *Löwenstein* en *Sand* werden deze electrophysiologische experimenten voortgezet en uitgebreid. Deze onderzoekers slaagden erin om bij de stekelrog potentiaalschommelingen te registreren bij afleiding van de geïsoleerde zenuwvezels van de N. ampullaris na het toedienen van hoekversnellingen. Het bleek hun echter, dat ook in rust een aantal potentiaalschommelingen afgeleid kon worden, dat voor het horizontale kanaal toenam na rotatie in de richting van de ampul en afnam na draaiing in tegengestelde richting. Roteerden zij eenparig, dan trad na enige tijd een toestand in, waarbij het aantal potentiaalschommelingen gelijk was aan dat in de rusttoestand. Ook deze proeven vormden derhalve een sterke steun voor de opvatting, dat de lange na-reactie uit een perifere oorzaak kan worden verklaard. Bovendien vormden zij andermaal een fraaie bevestiging van de experimentele vondsten van *Ewald* en van zijn theorie betreffende het tonus-labyrinth. *Ledoux* bevestigde de proeven van *Löwenstein* en *Sand* voor de kikvors.

In de laatste tijd zijn nog enkele mededelingen verschenen, die in dit verband vermeld dienen te worden: in een fraaie monografie betreffende de structuur en de functie van de halfcirkelvormige kanalen bij de haai kwam *Vilstrup* tot de ontdekking, dat de cupula bij zijn deviatie onder invloed van endolymphestromingen over de crista verschuift en zich als het ware naar de afgebogen zijde opent. Een andere interessante waarneming van *Vilstrup* was voorts, dat de reacties na draaien enorm worden versterkt en verlengd, indien de cupula op de door *Dohlman* aangegeven wijze wordt geïnjiceerd met een microscopisch kwikdruppeltje en daardoor verzwaard. De proeven van *Ewald* werden door hem herhaald, uitgebreid en geheel bevestigd. Een andere bevestiging gaf *Vrolijk*, die bij de duif de microphonische crista-effecten bestudeerde en hierbij in samenwerking met *de Vries* phasemetingen verrichtte. Hierbij vonden zij, dat de crista horizontalis enerzijds en de cristae verticales anderzijds met elkaar in tegenphase zijn, d.w.z., dat op het moment dat alle cristae door een ampullopetale endolymphestroom worden geprikkeld, van de crista

horizontalis een maximale negatieve spanning en van de beide cristae verticales een maximale positieve spanning is af te leiden. Bij de ampullofugale endolymphestroom was het omgekeerde het geval.

Ook van Eyck bevestigt in zijn electrophysiologische experimenten bij de duif de geldigheid van de 2e wet van Ewald.

Na dit overzicht van de ontwikkeling van de vestibulaire physiologie waarbij wij ons tot de rotatoire prikkels hebben beperkt, zullen wij ons thans wenden tot de klinische toepassing hiervan, die in wezen afkomstig is van *Robert Bárány*, oorarts te Weenen, later hoogleraar te Upsala en winnaar van de Nobel-prijs voor geneeskunde en physiologie in 1915, die in 1906 en 1907 enkele monografieën publiceerde, waarin hij het gehele vestibulaire onderzoek bij de mens beschrijft. Naast een overzicht van de spontane verschijnselen, waarop wij later zullen ingaan, beschrijft hij de methoden van onderzoek door middel van rotatoire, calorische en galvanische prikkels. Ten aanzien van het rotatoire onderzoek besteedt hij veel aandacht aan de uit het dierexperiment bekende feiten en gaat na in hoeverre deze op de mens kunnen worden overgedragen. Bovendien bespreekt hij de door de rotatie opgewekte sensaties, die hij vrijwel geheel een gevolg acht van de opgewekte nystagmus. Hij vestigt er de aandacht op, dat de door de proefpersoon waargenomen schijnbeweging van de omgeving meestal is gericht in de richting van de langzame nystagmusphase, soms echter geheel afwezig is en in enkele gevallen zelfs in de tegengestelde richting wordt aangegeven. Deze schijnbeweging kan bovendien in de meeste gevallen geheel worden opgeheven door te kijken in de richting van de langzame nystagmus-phase, waardoor ook de nystagmus wordt verzwakt. Voor de praktische uitvoering van het rotatoire onderzoek beveelt *Bárány* aan de patient 10 keer te roteren in 20 seconden, aangezien hierdoor de duidelijkste postrotatoire nystagmus wordt opgewekt. Hij voegt hier echter aan toe, dat in gevallen van éézijdige labyrinth-uitval een geringer aantal rotaties vaak aanbevelenswaardiger is, aangezien dan het verschil in nystagmusduur na 10 keer roteren minder groot is tengevolge van de sterke prikkeling. *Bárány* legt de nadruk op het belang van een rotatie in verschillende vlakken. Hij voert deze draaiing uit in het horizontale vlak, (met het hoofd licht voor-

over gebogen), waarbij de beide horizontale kanalen worden geprikkeld, in het frontale vlak (hoofd 90° voorover), waarbij de verticale kanalen worden geprikkeld en in het sagittale vlak (hoofd op de l. of r. schouder), waarbij eveneens de verticale kanalen worden geprikkeld. De hierbij optredende nystagmus is respectievelijk horizontaal, rotatoir en verticaal. De nystagmusvormen zijn in belangrijke mate afhankelijk van de blikrichting. De nystagmus wordt versterkt door te kijken in de richting van de snelle phase en verzwakt door te kijken in de richting van de langzame phase. *Bárány*, die de invloed van de perrotatoire optokinetische nystagmus en van de postrotatoire fixatie van de omgeving zeer goed onderkende, voorzag zijn patienten van een ondoorzichtige bril volgens *Abels*, en liet ze tijdens de rotatie de ogen sluiten.

Het hoofdbezwaar van de onderzoekingsmethode door middel van rotatoire prikkels is natuurlijk gelegen in het feit, dat men steeds twee of meer booggangen tegelijkertijd prikkelt. Bovendien wordt met de methode van *Bárány* een zeer sterke prikkel gegeven, waarvan de intensiteit ver buiten physiologische waarden ligt. Bij abrupt stoppen in 0.3 seconde na een hoeksnelheid van $180^\circ/\text{sec}$ bedraagt de negatieve hoekversnelling $600^\circ/\text{sec}^2$. Op een ander bezwaar, dat de methode van *Bárány* aankleeft werd in 1913 gewezen door *Buys*, die door registratie van de perrotatoire nystagmus vond, dat deze na 20 seconden nog niet is verdwenen en dat dus op het moment van stoppen nog een invloed van de aanvangsversnelling op de postrotatoire nystagmus bestaat. *Buys* kon dit bezwaar ondervangen door de aanvangsversnelling van de stoel zeer laag te houden (onder $1^\circ/\text{sec}^2$), waardoor de drempel voor het optreden van een perrotatoire nystagmus niet wordt bereikt. Op deze wijze subliminaal versnellende kunnen willekeurig hoge hoeksnelheden worden bereikt, zonder dat het vestibulaire orgaan op enigerlei wijze wordt geprikkeld, indien tenminste het hoofd van de te onderzoeken persoon in de draaiingsas is geplaatst. *Buys* stopte de stoel abrupt na het bereiken van een hoeksnelheid van $180^\circ/\text{sec}$ en nam daarna dus een zuivere postrotatoire nystagmus waar, die niet beïnvloed werd door de aanvangsversnelling. In samenwerking met *Rylant* bouwde *Buys* een draai-stoel met elektrische aandrijving, waarmee hij aanvangsversnellingen van $0.3^\circ/\text{sec}^2$ kon geven. Met behulp van deze stoel was het

hem mogelijk de perrotatoire en postrotatoire nystagmus en de draaigewaarwordingen te vergelijken, zowel bij grote als bij subliminale versnellingen. De nystagmus werd door hem geregistreerd langs mechanische weg. Hij vond hierbij, dat zich aan de primaire nystagmus een pauze aansluit, die gevolgd wordt door een secundaire nystagmus van geringere intensiteit, doch soms langere duur in tegengestelde richting. Hierna volgt wederom een pauze, waaraan zich een tertiaire nystagmus in de oorspronkelijke richting aansluit. Hetzelfde treedt bij de draaigewaarwordingen op. Indien hij de proefpersoon na een grote aanvangsversnelling eenparig verder roteerde gedurende lange tijd en daarna abrupt stopte, zag hij, dat de perrotatoire en postrotatoire verschijnselen volkomen identiek doch tegengesteld van richting waren (fig. 1).

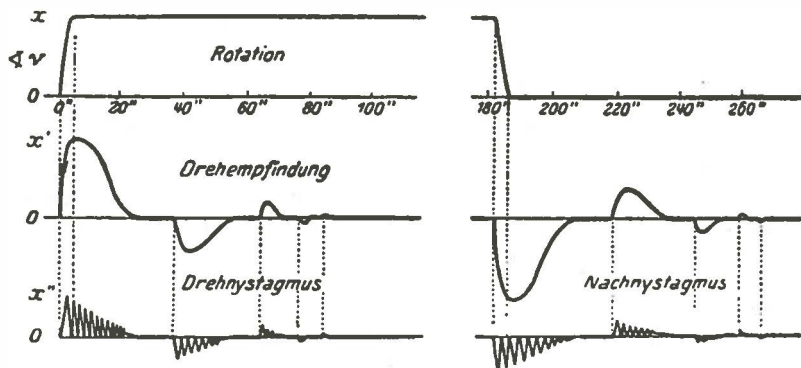


Fig. 1. De verschijnselen na een snelle acceleratie tot een bepaalde snelheid zijn van gelijke duur en gelijke doch tegengestelde grootte als die na een even grote deceleratie (Buys)

Op deze vondsten baseerde Buys een theorie betreffende de werking der nystagmus-centra, waarbij hij aannam, dat bij een naar rechts gerichte nystagmus het centrum voor de nystagmus naar links een tonusverhoging ondergaat, die resulteert in een naar links gerichte nystagmus nadat de oorspronkelijke nystagmus is uitgewerkt. Ook Buys verklaart derhalve de lange duur van de nystagmus uit een centrale oorzaak. De proeven van Buys brachten M. H. Fischer en zijn leerlingen Veits, Woletz en Arslan tot het verrichten van een groot aantal proefnemingen met behulp van een door Tönnies ontworpen draaistoel. Metingen van

Woletz, verricht op een groot aantal normale proefpersonen wezen uit, dat de postrotatoire nystagmus, opgewekt na abrupt stoppen van een door subliminale versnelling verkregen hoeksnelheid van $180^\circ/\text{sec}$ een aanzienlijk geringere variatiebreedte vertoont dan de nystagmus opgewekt met behulp van de methode van *Bárány*. Toch is ook deze spreiding nog aanzienlijk. Zo vond *Malan* bij een onderzoek van 11.000 soldaten volgens de methode van *Bárány* een nystagmusduur die bij 83 % wisselde tussen 15 en 30 seconden, terwijl *Veits* bij een vergelijkend onderzoek tussen de rotatie volgens *Bárány* en *Fischer* een nystagmusduur vond van resp. 10—58 sec en 25—46 sec. *Fischer* wijst er nadrukkelijk op, dat het uitschakelen van de optokinetische nystagmus en van fixatie van de omgeving van groot belang is. Het eerste kan worden verkregen door het vertrek volkomen te verduisteren of door de patient tijdens de rotatie een kap over het hoofd te plaatsen, het laatste door de patient een bril volgens *Frenzel* te laten dragen. Deze bril heeft twee lenzen van + 20 D, waarbij de oogbollen door twee zijdelings in de bril aangebrachte lampjes worden verlicht. Door deze glazen en door de inwendige verlichting wordt de fixatie van de omgeving voor de patient vrijwel onmogelijk gemaakt, terwijl omgekeerd het observeren van de oogbolbewegingen door de onderzoeker zeer nauwkeurig kan geschieden.

Aschan vergeleek de postrotatoire nystagmus bij een 100-tal adspirant vliegers met en zonder gebruik van de bril van *Frenzel*. De nystagmusduur in beide gevallen wisselde respectievelijk tussen 9—34 sec en 15—65 sec, terwijl de gemiddelde nystagmusduur met gebruik van de bril 1.84 keer zo lang was als zonder de bril. De rotatie geschiedde volgens *Bárány*.

Fischer wijst voorts op het grote belang van een nauwkeurige fixatie van het hoofd door middel van een bijtblok, terwijl de stand van het hoofd ten opzichte van het horizontale vlak dient gecontroleerd door een goniometer. De draaiing in het vlak der horizontale kanalen dient dusdanig te geschieden, dat deze inderdaad in het draaiingsvlak liggen, hetgeen in overeenstemming met de metingen van *Schönemann* het geval is, indien het hoofd $15-25^\circ$ voorover is gebogen. Tenslotte is het noodzakelijk, dat de patient recht vooruitblijkt en niet in de richting van de snelle nystagmusfase. In het laatste geval wordt weliswaar de nystag-

mus versterkt, doch de zijwaartse blikrichting is oorzaak van zich steeds herhalende instelbewegingen, die de nystagmus vertroebelen.

Fischer en *Wodak* achten de secundaire nasensaties, die na de door hen toegepaste rotaties optreden van grote betekenis voor de centrale reacties van het vestibulaire orgaan en menen aan hierin optredende afwijkingen diagnostische waarde te mogen toekennen. Naast de nystagmus is het mogelijk de reactieve bewegingen van extremiteiten en romp te bestuderen. Bij de loopafwijkingen, die evenals de armafwijkingen bij de wijsproeven gericht zijn in de richting van de langzame nystagmusphase treden eveneens secundaire en zelfs tertiaire fasen op, die merkwaardigerwijze niet synchroon zijn met de nystagmusfasen. Hierdoor is het mogelijk, dat postrotatoir een paradox voorbijwijken optreedt. Ook *Bárány* wees hier reeds op. Door de meeste onderzoekers wordt de oorzaak der secundaire bewegingen centraal gezocht. Het is bijv. mogelijk, dat corticale prikkels hun invloed doen gelden, doordat de door de schijnbeweging opgewekte sensatie aanleiding geeft tot het optreden van prikkels (*Aubry*). Voorts zijn enkele auteurs van mening dat deze bewegingen mede worden veroorzaakt door het otolithenapparaat.

Bij het onderzoek van patienten geeft de sterke prikkel, die bij al deze methoden wordt toegediend, vaak aanleiding tot onaangename bijverschijnselen. Dit heeft verscheidene clinici ertoe gebracht een geringer aantal omwentelingen per tijdseenheid te laten volbrengen. Zo werd door *de Kleyn* 10 keer geroteerd in 50 seconden (*van den Boorn*). Een aantal onderzoekers heeft getracht met minimale rotatoire prikkels te volstaan. *Grahe* draaide zijn patienten langzaam over een hoek van 90° en bepaalde de perrotatoire nystagmus door het palperen der gesloten oogleden. *Kobrak* en *Brünings* passen eveneens zeer geringe draaisnelheden toe, doch deze bepalingen laten slechts conclusies toe met betrekking tot de oogdeviaties bij draaien naar links en rechts bij een zelfde persoon, doch niet bij verschillende personen.

Een punt waarop door verscheidene onderzoekers de aandacht wordt gevestigd is de rotatie in verschillende vlakken. *Quix* is een dergenen geweest, die steeds heeft betoogd dat het draaien in de physiologische vlakken der booggangen van essentiële betekenis is. De school van *Ruttin* meende, dat de door draaiing in het hori-

zontale, frontale en sagittale vlak opgewekte horizontale, rotatoire en verticale nystagmus zouden worden opgewekt respectievelijk door de horizontale, de voorste en de achterste verticale kanalen. Dit is zonder twijfel een verkeerde conclusie, aangezien met uitzondering van de rotatie in het horizontale vlak de aldus opgewekte nystagmus afkomstig is van een combinatie van de 4 verticale kanalen. Welke booggangen-combinatie een verticale en welke een rotatoire nystagmus teweeg brengt is onbekend. De observatie van de nystagmus, die tijdens en na draaiing in een bepaald vlak optreedt heeft er toe geleid, dat velen van mening zijn dat de nystagmus slaat in het draaiingsvlak (*Mees ten Oever*). Zo zegt *Buys*, dat het bij rotatie in een bepaald vlak is, alsof een enkel „ideaal” kanaal in dat vlak wordt geprikkeld en een nystagmus geeft in zijn vlak. Recente onderzoeken van *Jongkees* en *Hulk* en van *Fermin* wijzen er op, dat de nystagmus wel degelijk slaat in de richting van het betreffende kanaal, doch dat de blikrichting hierop van grote invloed is, terwijl de bewegingen van de oogbol steeds dienen te worden opgevat als rotatoire bewegingen om een bepaalde as, waarbij de observatie ten opzichte van de lidspleet tot veel misverstand en verkeerde interpretatie aanleiding heeft gegeven.

De sensatie die postrotatoir optreedt is door een aantal onderzoekers o.a. door *Bárány* beschreven, doch aan de meetbaarheid van dit verschijnsel werd niet veel waarde gehecht. Slechts bij bepalingen van het minimum-perceptibile werd de sensatie door een enkele onderzoeker benut. Uit het laboratorium van *Zwaardemaker* stammen twee dissertaties uit de jaren 1907 en 1908, die zich in belangrijke mate met de door de rotatie opgewekte sensaties bezig houden. *Van Rossum* ging het minimum-perceptibile voor de draaisensatie na en vond dit bij een snelheid van $\pm 2^\circ/\text{sec}$.

In 1906 ging *Mulder* het verband na, dat bestaat tussen de grootte van de versnelling en de tijdsduur, gedurende welke deze versnelling moet inwerken om tot gewaarwording te komen. Het bleek hem, dat er een constant product bestaat van de versnelling en deze z.g. aanwijstijd, welk product hij aangeeft als de minimale prikkelwaarde. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat in deze aanwijstijd een zekere centrale component besloten ligt. Een kleine versnelling dient dus gedurende een langere tijd in te werken om

waargenomen te worden dan een grote versnelling. In Hoofdstuk III komen wij op deze product-wet van *Mulder* terug.

Voortbouwend op de beschouwingen van *Mulder* en van *Rossum* hebben in de laatste jaren van *Egmond*, *Jongkees* en *Groen* veel aandacht geschonken aan de postrotatoire sensatiebepalingen. Zij kwamen tot de slotsom, dat deze sensaties zeer wel voor meting toegankelijk zijn en dat de uit deze metingen gevonden waarden een belangrijke aanwinst betekenen in het klinische vestibulaire onderzoek. *Steinhausen* had er reeds op gewezen, dat de door *Mach* opgestelde vergelijking voor de cupulabeweging onvolledig was, aangezien deze laatste geen rekening hield met de elastische krachten in de cupula. Door een aantal proeven op de torsieschommel en op de draaistoel gelukte het aan *Groen* de coëfficiënten van deze bewegingsvergelijking te bepalen, er van uitgaande dat de cupula in de endolympe op te vatten is als een kruipend gedempte slinger. Door aan deze slinger door middel van de torsieschommel een bepaalde frequentie op te dringen kon hij hiervan de eigen frequentie bepalen. *Groen* beredeneerde, dat de tijd, die de cupula nodig heeft om na een bepaalde uitwijking weer tot de ruststand terug te gaan, afhankelijk is van de grootte van de impuls, de breedte van de booggang, de viscositeit van de endolympe en de elastische kracht van de cupula. Aangezien hierin de viscositeit van de endolympe en de breedte van het kanaal constanten zijn, kan worden aangenomen, dat de tijd, die de cupula nodig heeft om tot de ruststand terug te keren, evenredig zal zijn met de logarithme van de impuls, die bestaat uit het product van massa en snelheid. Daar de massa van de endolympe en de straal van de booggang ook constanten zijn, is het volgens *Groen* geoorloofd inplaats van de versnelling, de hoeksnelheid als maat te plaatsen. In de praktijk passen van *Egmond*, *Jongkees* en *Groen* de in korte tijd toegediende vertraging tot 0 toe, na een door subliminale versnelling verkregen hoeksnelheid. De tijd waarin deze vertraging wordt veroorzaakt dient gelegen te zijn tussen 1—2 seconden, dus niet te abrupt. Dat dit toegestaan is meent *Groen* af te kunnen leiden uit de eigen frequentie van de cupula die hij bepaalde op ongeveer 9 seconden.

Van Egmond, *Jongkees* en *Groen* kozen voor de uitvoering van het onderzoek een eenvoudige apparatuur, waarin de te onder-

zoeken persoon in zittende houding met een iets voorovergebogen hoofd om de verticale as wordt geroteerd. Door een afscherming worden optische prikkels en sensaties door luchtstroming uitgesloten. De aanvangsversnelling wordt zo laag gehouden, dat de onderzochte geen draaigewaarwording krijgt. Na het bereiken van de gewenste hoeksnelheid wordt nog enige tijd eenparig verder gerooteerd en daarna wordt de draaistoel in korte tijd tot stilstand gebracht, waardoor in de horizontale booggangen van de onderzochte een endolymphestroom optreedt in de richting van de oorspronkelijke draaiing. Dit geeft aanleiding tot het waarnemen van een korte schok met direct aansluitend een draaigewaarwording in tegenstelde zin, die snel begint en geleidelijk aan trager wordt, tot tenslotte alles stilstaat. De te onderzoeken persoon wordt nu van tevoren geïnstrueerd, om dit moment aan te geven door „stop” te zeggen. De tijdsduur, die verloopt tussen het moment waarop de stoel wordt gestopt en het moment waarop de onderzochte aangeeft geen draaiing meer waar te nemen, wordt genoteerd en deze proef wordt voor verschillende, ook geringe hoeksnelheden, zowel voor draaiing naar links als naar rechts herhaald. De hoeksnelheid waarbij hij nog juist een beweging voelt naar rechts of links, wordt als minimum-perceptibile genoteerd. Indien zij nu de aldus gevonden waarden in een grafiek uitzetten, waarbij de duur der nasensatie op de ordinaat en de hoeksnelheid in een logaritmische schaal op de abscis worden genoteerd, ontstaat een rechte lijn, waaraan de naam cupulogram werd gegeven.

Na de bepaling van de duur der nasensatie wordt de duur van de postrotatoire nystagmus bepaald. Hierbij wordt op dezelfde wijze geroteerd. De te onderzoeken persoon heeft hierbij een bril van *Frenzel* op; tijdens de rotatie houdt hij de ogen gesloten en opent deze eerst op het moment van stoppen.

De gevonden duur van de postrotatoire nystagmus bij verschillende hoeksnelheden wordt op dezelfde wijze grafisch uitgezet. Ook de hierbij gevonden meetpunten blijken in het algemeen een rechte lijn te vormen. De onderzoekers hechten er veel waarde aan, dat bij dit onderzoek geen impulsen worden toegediend, die een hoeksnelheid van $60^\circ/\text{sec}$ te boven gaan. Zij zijn er n.l. van overtuigd, dat sterkere impulsen aanleiding geven tot tijdelijke, wellicht zelfs blijvende difformaties van de cupula. De secundaire nasensaties

zoals deze door *Buys, Fischer* e.a. worden beschreven en waarvoor door hen een centrale genese wordt aangenomen, worden door *van Egmond* c.s. verklaard uit een lekkage van de cupula ten gevolge van de overmatig sterke afbuiging. Voor deze opvatting vinden zij ook argumenten in een gevonden verandering van het sensatiecupulogram na het toedienen van de sterke prikkels bij het onderzoek volgens *Bárány*. Na een aanvankelijk normaal cupulogram vinden zij n.l. na het toedienen van sterke draaiprikkels een vlakker verloop en een hoger minimum-perceptibile van de curve. Een terugkeer naar normale waarden vinden zij eerst na enkele uren tot dagen. Op deze gronden raden zij het toedienen van prikkels boven een hoeksnelheid van $60^\circ/\text{sec}$ ten sterkste af. Zonder op deze plaats op de juistheid van de genoemde argumenten in te gaan is zonder twijfel het toedienen van prikkels van physiologische sterkte van grote waarde.

Uit het onderzoek van een groot aantal normale proefpersonen komen de genoemde onderzoekers tot de conclusie, dat de normale curven voor de postrotatoire sensatie en voor de postrotatoire nystagmus een bepaald karakteristiek verloop hebben. Hierbij vertoont de curve voor de sensatie een minimum-perceptibile bij $1-4^\circ/\text{sec}$ (gem. $2.5^\circ/\text{sec}$) en loopt onder een hoek van ongeveer 30° op. In 30 % van de gevallen vertoont de curve bij $20^\circ/\text{sec}$ een knik: de lijn loopt bij sterkere impulsen steiler op. De curven voor beide draairichtingen vallen geheel samen. Bij herhaald onderzoek bij eenzelfde proefpersoon verkrijgt men een identieke curve. Voor de postrotatoire nystagmus krijgt men een curve waarvan het minimum-perceptibile hoger ligt dan van de sensatiecurve, n.l. tussen 5 en $18^\circ/\text{sec}$. met een gemiddelde van $8^\circ/\text{sec}$., terwijl de helling steiler is. De curven voor sensatie en nystagmus snijden elkaar dus. Ook voor de nystagmus is in het algemeen de duur na draaien in beide richtingen gelijk. Bij een klein aantal proefpersonen vonden zij echter een overwicht van de nystagmus in één richting, dat zich dus uit in twee evenwijdig verloopende curven. Sensatie en nystagmus verlopen derhalve onafhankelijk van elkaar. De sensatie wordt hierbij geacht de „uitklinktijd” van de cupula aan te geven, terwijl de nystagmus mede onder invloed van andere factoren staat, die de duur ervan beïnvloeden. De gebezigde apparatuur is later in de Utrechtse kliniek aanzienlijk verfraaid,

door de bouw van een draaikamer, waarin ook de liggende pa-

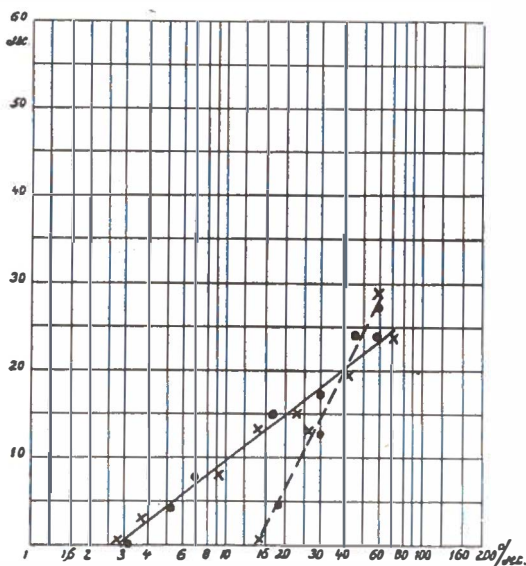


Fig. 2. Normale curven van postrotatoire sensatie - en nystagmusduur (naar v. Egmond, Jongkees en Groen).

x = rotatie naar links
 • = rotatie naar rechts
 — sensatie
 - - - nystagmus

tient kan worden onderzocht en waarmee dus ook het onderzoek door rotatie in het vlak der andere booggangsparen mogelijk is. De Utrechtse onderzoekers hebben daarna een groot aantal patiënten onderzocht met uiteenlopende aandoeningen op otologisch en neurologisch gebied, waaruit zij menen te kunnen besluiten tot zekere pathognomonische veranderingen in de beide curven. *Hulk* heeft in zijn proefschrift een aantal van deze aandoeningen en het daarbij gevonden cupulogram besproken.

In het algemeen is zijn conclusie, dat afwijkingen in het vestibulaire apparaat eerder tot uiting komen in het verloop van de sensatiecurve dan in de nystagmuscurve of met andere methoden van vestibulair onderzoek. Zo vond hij bij lawaaidoofheden van chronisch karakter een cupulogram met een gestegen drempel en slechtere waarneming van de lagere prikkels, doch een normale sensatieduur bij sterkere prikkels, een verloop dat enige overeenkomst toont met de regressie (recruitment phenomenon) bij vele binnenoordofheden. Bij otosclerose vond hij een algemeen verminderde gevoeligheid voor de postrotatoire sensaties. Bij de nystagmus zag hij echter naast een iets hoger minimum-perceptibile een langere duur voor hoge prikkelwaarden, dus een steilere curve.

Zeer belangrijk achten de Utrechtse onderzoekers de sensatie-

waarden bij aandoeningen van de N. octavus (o.a. neuritis luetica, neuritis diabetica, toxische neuritis en arachnoiditis). Later voegden zij hier nog de streptomycinebeschadiging aan toe. Het sensatiecupulogram vertoont een karakteristiek beeld, de z.g. plateauvorm: bij een normaal of iets verhoogd minimum-perceptibile blijft de duur van de nasensaties voor alle toegediende stimuli gelijk en zeer kort. De curve voor de nystagmus ligt in zijn geheel op een lager niveau, d.w.z. het minimum-perceptibile treedt pas op bij sterkere prikkels dan normaal en de nystagmusduur is voor alle prikkels geringer dan normaal. Aan een dergelijk cupulogram wordt in de Utrechtse kliniek een min of meer pathognomonische waarde gehecht ten aanzien van een retrolabyrinthaire extra-cerebrale aandoening.

Bij een aantal patienten met klachten over draaiduizeligheid deed het bestaan van duidelijke afwijkingen in het sensatiecupulogram een centrale aandoening, gelocaliseerd in de hersenstam vermoeden. Bij enkele van deze patienten maakten bestaande neurologische afwijkingen een topische diagnose mogelijk. De cupulogrammen vertoonden een beeld, dat het optreden van de duizeligheid zeer aannemelijk maakte n.l. een sterk vermeerderde gevoeligheid voor zeer geringe draaiprikkels bij een normale nasensatie van sterkere prikkels, soms een sterk verlengde sensatieduur voor alle prikkels en in een aantal gevallen het bestaan van draai-hallucinaties.

Na schedeltraumata, waarbij duizeligheidsklachten vaak lang blijven bestaan, beschrijft *Hulk* verschillende vormen van het cupulogram; soms treedt een abnormaal lange duur van de nasensaties op na sterkere prikkels, terwijl het minimum-perceptibile normaal is, soms treedt een verschil op in de curven in beide draairichtingen, die dan kruisen. Hij meent, dat deze kruising niet aan een perifere doch aan een centrale stoornis is toe te schrijven. Bij sommige patienten treedt deze stoornis juist op in de curven voor de post-rotatoire nystagmus. Hoewel deze afwijkingen geenszins pathognomonisch zijn te achten, wordt toch aan het vinden van een abnormaal cupulogram grote waarde toegekend, aangezien het verdere vestibulaire onderzoek vaak niets oplevert en de postcommotionele klachten over duizeligheid zo dikwijls „psychogeen” worden geacht.

Na schedeltraumata treedt soms een duidelijk gelocaliseerde

laesie op in de vorm van een labyrinthuitval aan één zijde. Met het draaistoelonderzoek volgens *Bárány* vindt men bij dergelijke patienten vaak een geringere nystagmusduur na draaien naar de gezonde zijde, die dan geduid wordt in de zin van *Ewald*. De Utrechtse school ziet, zoals reeds eerder gemeld, in deze wijze van onderzoek een zware belastingsproef voor het vestibulaire orgaan, die schadelijk is en bovendien tot verkeerde conclusies kan leiden. Door middel van de cupulometrie achten zij een juistere waardering van de toestand van meerdere of mindere compensatie van het centrale vestibulaire apparaat mogelijk. In een aantal gevallen van éézijdige labyrinthuitval vonden zij voor de sensatiecurve een plateauvorm, terwijl de nystagmuscurven een verschil toonden in de zin van een evenwijdig of gekruist verloop. Tussen de gevoeligheid der nystagmuscurven en de zijde van de uitval is geen regelmatig terugkerend verband te leggen. Het verschil in de nystagmusduur bij de prikkeling volgens *Bárány*, dat in het algemeen geïnterpreteerd wordt als een onvolledige compensatie volgens *Ruttin*, is naar hun mening te duiden als een overbelasting van het vestibulaire apparaat.

Bij ongecompliceerde éézijdige labyrinthlaesies zoals deze bijv. na een labyrinthitis optreden werd in enkele gevallen in de sensatiecurven voor beide draairichtingen een verschil gevonden, doch het is opmerkelijk, dat in het merendeel der gevallen de curven voor beide draairichtingen geheel identiek waren. Wel werd meestal een verminderde gevoeligheid, soms een plateauvorm gevonden. Voor de nystagmus werd in één geval eveneens een verschil geconstateerd tussen beide draairichtingen in de vorm van een gekruist verloop der beide curven. Soms was het bepalen van de nystagmusduur door het bestaan van een spontane nystagmus niet goed mogelijk. In een aantal gevallen was echter de nystagmus-curve vrijwel normaal. Dit is een merkwaardig feit bij patienten met een zo uitgesproken éézijdige laesie. Ook bij *Menière*-patienten, bij wie toch ook vaak de laesie grotendeels aan één zijde gelocaliseerd kan worden, viel dit op. Bij het onderzoek volgens *Bárány* blijft een verschil veel langer zichtbaar. Een duiding in de zin van *Ewald* achten de onderzoekers niet gerechtvaardigd. *Veeleer achten zij bij de mens het vestibulaire systeem als één geheel te reageren en zij*

komen dan ook tot de belangrijke conclusie, dat bij de mens de 2e wet van Ewald waarschijnlijk niet opgaat.

In gevallen van een evenwijdig verloop van de nystagmuscurven voor beide richtingen, waarbij men dus zou kunnen besluiten tot een richtingsvoorkeur van de nystagmus (*Nystagmus-Bereitschaft, directional preponderance*) menen de onderzoekers, dat sprake is van een invloed op het vestibulaire systeem die gelegen is buiten de booggangen zelf. Zij vergelijken de door hun gevonden richtingsvoorkeur (die in geringe mate ook normaal kan voorkomen) met de richtingsvoorkeur die o.a. *Dusser de Barenne* en de *Kleyn* en *Fitzgerald*, *Cawthorne* en *Hallpike* bij onderzoek van lijders aan ziekteprocessen in de hemisferen der grote hersenen vonden. In een aantal gevallen kon een voortschrijdend herstel worden nagegaan, waarbij tenslotte de curven weer samenvielen.

Scherp hiertegenover stellen zij de aandoeningen, waarbij de nystagmuscurven elkaar snijden, of een niet-evenwijdig verloop hebben. Deze anomalie denken zij zich als een uiting van een perifere labyrintaire stoornis, welke mening zij gronden op het feit, dat zij deze vorm van nystagmuscurven waarnamen bij een aantal lijders aan éézijdige labyrinthuitval, en een patient met éézijdige chronische otitis en duizeligheidsklachten. Zij vonden dezelfde stoornis echter ook bij een paar patienten met post-commotionele klachten. Hier menen zij de stoornis te kunnen localiseren in de vestibulo-oculaire banen. In ieder geval neigen zij ertoe de snijdende nystagmuscurven te duiden als de uiting van een éézijdige — meestal perifere — laesie. Vaak, doch niet steeds kwam dit overeen met de uitkomsten van het calorische onderzoek.

In enkele latere publicaties van *Jongkees* en *Hulk* worden een aantal patienten vóór en na de fenestratieoperatie voor otosclerose beschreven naar aanleiding van het onderzoek door middel van de cupulometrie. Bij deze patienten werd vóór de operatie een regelmatig optredende verminderde gevoeligheid voor draaisensaties gevonden met een verhoogd minimum-perceptibile, doch een steiler verloop van de nystagmuscurve. Na de fenestratie werden bij een onderzoek op verschillende tijdstippen van 1 week tot 3 maanden na de ingreep veranderingen gevonden in het verloop van de sensatie- en nystagmuscurven: de sensatiecurve verliep veel vlakker en vertoonde een hoger minimum-perceptibile, terwijl de nystagmuscurven

voor l. en r. draaien een sterk divergerend verloop toonden, ten voordele van de nystagmus na roteren in de richting van het geopereerde oor. In het begin was zelfs vaak na rotatie in de richting van het niet-geopereerde oor in het geheel geen nystagmus op te wekken. Gedurende een kortere of langere tijd na de operatie kwam de sensatiecurve meer en meer tot normale waarden terug, terwijl de nystagmuscurven zich waaivormig naar elkaar toe bewogen, om tenslotte op een normale waarde samen te vallen. Bij patienten die met streptomycine behandeld waren, werden veelvuldig vestibulaire afwijkingen in de sensatie- en nystagmuskrommen aangetoond. Het betrof patienten, die wegens longtuberculose met 1.2 gram streptomycine daags werden behandeld. Als eerste teken ener beschadiging werd merkwaardigerwijze vaak een afwijking in de nystagmuskrommen gezien, waarvan het minimum daalde en het verloop steiler werd. In vele gevallen werd een richtingsvoorkeur van de nystagmus gevonden. In een later stadium werd de nystagmus moeilijker op te wekken en duurde korter, tot tenslotte bij een aantal patienten geen nystagmus meer was op te wekken. Veranderingen in de sensatiekrommen traden in het algemeen in een later stadium op. Zij bestonden uit een stijging van het minimum-perceptibile, soms een duidelijke plateau-vorm.

Bij de patienten waarbij stoornissen in de vestibulaire functie optraden, werd in 50 % een herstel geconstateerd. Gehoorstoornissen traden niet op.

Op grond van deze resultaten wordt de cupulometrie beschouwd als een zeer belangrijke aanwinst in het vestibulaire onderzoek. De Utrechtse onderzoekers stellen zich op het standpunt, dat slechts een begin is gemaakt met de interpretatie van de gevonden curven, doch dat aan deze enige physiologische methode van onderzoek, zowel wat de aard als de grootte van de prikkel betreft, een grote plaats in de kliniek dient te worden toegekend.

HOOFDSTUK II.

Eigen waarnemingen betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van rotatoire prikkels.

De mededelingen uit de Utrechtse kliniek wekten dadelijk onze belangstelling, zowel door de aantrekkelijkheid van het physiologische karakter, als door de zeer fraaie resultaten. Zo werden spoedig de mogelijkheden overwogen om ook voor de Groninger kliniek een voor dit doel geschikte draaistoel te verkrijgen.

Het was een gelukkige omstandigheid, dat Prof. Dr. *Hl. de Vries* wiens grote interesse in de physica der zintuigsorganen reeds eerder tot een vruchtbare samenwerking met het otologisch laboratorium had geleid, naar aanleiding van de beschouwingen van *Löwenstein* en *Sand* en van *Groen*, in het physisch laboratorium der Rijks-Universiteit te Groningen reeds een draaistoel had geconstrueerd, waarmee hij in een grote reeks proeven het minimum-perceptibile voor de draaireactie had bepaald.

Deze draaistoel leek in een iets gewijzigde vorm ook zeer geschikt voor het klinische onderzoek naar de nystagmus en de draaigewaarwording zoals dit in Utrecht werd uitgevoerd. Het was aan de bereidwilligheid van wijlen Prof. Dr. *D. Coster*, destijds directeur van het physisch laboratorium te danken, dat ook voor de keel-neus-oorheelkundige kliniek een draaistoel werd gebouwd, die in alle opzichten aan de gestelde eisen beantwoordde. Wij willen deze draaistoel hier in het kort beschrijven (fig. 3).

Een frame van gelaste stalen buizen, bekleed met „board” vormt de draaistoel, die 180 cm hoog en 78 cm lang en breed is. Deze kast rust op een verticale as, die op een conisch lager gemakkelijk draaibaar is. Bovenaan heeft de kast eveneens een draaibare gelagerde as. Deze as is door middel van twee armen, die zijwaarts naar de muren van het vertrek lopen en daar door middel van stelmoeren zijn bevestigd, gefixeerd. Aan de kast zijn aan de bovenzijde twee zijwaarts verlopende 116 cm lange armen bevestigd, die

aan de uiteinden een gewicht dragen van 10 kg. Door de stelmoeren is het mogelijk de draaiingsas van de kast zuiver verticaal te stellen. Dank zij de lagers ondervindt de draaiing van de kast zeer weinig weerstand. Een aandrijvingsmechanisme heeft de draaistoel niet; de draaiing geschiedt door handkracht. Door de

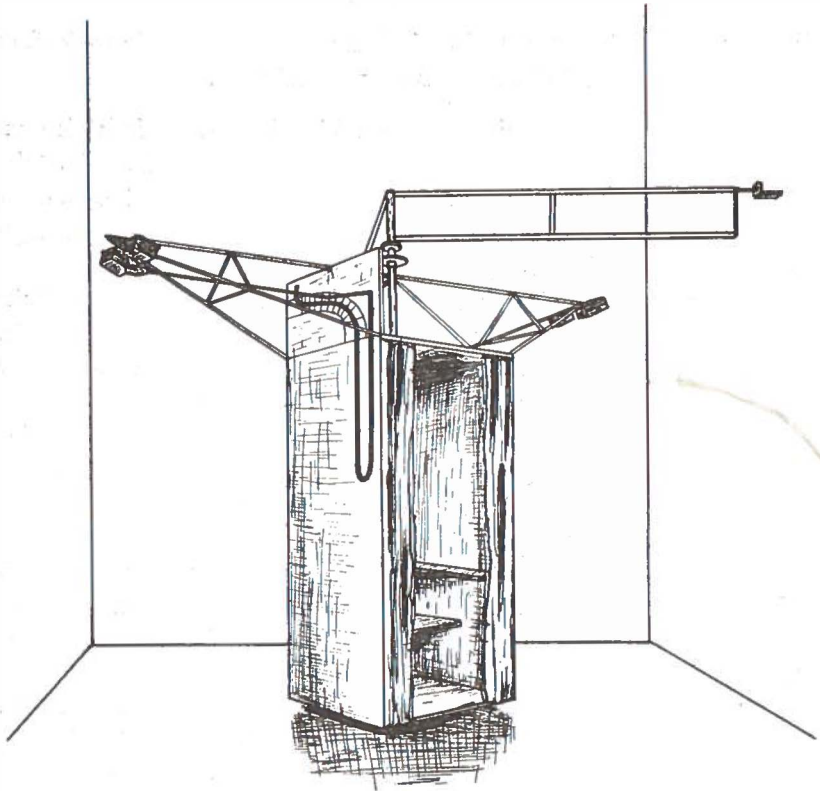


Fig. 3. Draaistoel met snelheidsmeter in de Groninger kliniek

gewichten is echter de traagheid vrij groot en, een keer op gang gebracht, draait de kast practisch eenparig verder. Desnoods kan door een lichte druk van de hand de hoeksnelheid onderhouden worden. Na enige oefening is het dan ook zeer gemakkelijk, om aan de kast een eenparig versnelde beweging met zeer geringe versnelling te geven. Door de tijd te meten, waarin een omwenteling (of een bepaalde sector) wordt doorlopen, is de hoeksnelheid met de

formule $v = s/T$, waarin v de hoeksnelheid in $^{\circ}/\text{sec}$, s de afgelegde weg in hoekgraden en T de tijd in sec voorstellen, gemakkelijk te berekenen.

Voor het bepalen van geringe hoeksnelheden was een gradenboog van 90° aangebracht tussen de beide steunarmen, waarlangs een aan een der armen van de draaistoel bevestigde pijl bewoog. Door Prof. Dr. Hl. *de Vries* werd een eenvoudige doch zeer handige snelheidsmeter geconstrueerd, die na empirische ijking uitstekend voldeed en die het mogelijk maakte op elk willekeurig moment de hoeksnelheid af te lezen. Dit apparaat berust op de centrifugale kracht, die op een vrijwel horizontaal verlopende vloeistofkolom wordt uitgeoefend onder invloed van de rotatie. Een glazen buis van 4 mm doorsnede, die uitloopt in een metalen busje, dat bevestigd is aan het einde van één der armen, verloopt onder een zeer flauwe helling naar de wand van de kast en daarna verticaal langs deze wand naar beneden. Dit verticale einde is 70 cm lang. Dan volgt een U-vormige kromming, waaraan zich weer een verticaal verlopend stuk aansluit, dat in een flauwe bocht langs de wand van de kast in een open einde uitmondt, dat weer verticaal omgebogen is. Dit systeem is gevuld met petroleum, waaraan door indigo-zwart een purperen kleur is gegeven. De vloeistof staat in het open eind van de buis juist tot in het begin van de flauwe kromming, terwijl het busje aan het andere einde zo hoog is geplaatst, dat hierin een vloeistof-niveau van ongeveer 3 cm hoogte wordt bereikt. Indien men nu de draaistoel in roterende beweging brengt, zal de vloeistof in het langs de arm van de kist verlopende deel van de buis naar perifeer worden gedrukt. Hierdoor wordt de vloeistofkolom in het langs de kast verlopende eind van de buis omlaag getrokken en wel zóveel, dat het niveauverschil h evenwicht maakt met de centrifugale kracht; h is dus evenredig met het kwadraat van de hoeksnelheid. Dit brengt met zich mee, dat voor geringe hoeksnelheden h enorm klein wordt en bij een verticaal verloop van de buis langs de kast niet meer zou zijn af te lezen. Door echter de helling in de buis in het begin zeer gering te maken wordt bereikt, dat een geringe verplaatsing omlaag toch reeds in een duidelijke verplaatsing in horizontale richting zichtbaar wordt. In het verdere verloop neemt de helling van de buis steeds sterker toe en wel zóveel, dat de verplaatsing van de vloeistof in de buis

ongeveer evenredig is met de hoeksnelheid. Het apparaat is zodanig geconstrueerd, dat de verplaatsing van de meniscus een goede aanwijzer vormt voor hoeksnelheden van $3^\circ/\text{sec}$ tot $70^\circ/\text{sec}$. Bij grotere hoeksnelheden dan $70^\circ/\text{sec}$ wordt de vloeistof in het busje zover naar perifeer gedrukt, dat lucht in de buis wordt aangezogen. Voor grotere hoeksnelheden is deze snelheidsmeter dus ongeschikt. Weliswaar zou het gemakkelijk zijn geweest ook hiervoor een geschikte snelheidsmeter volgens hetzelfde principe te construeren, (hetgeen wij ook deden), doch door de grote traagheid van de draaistoel is het roteren met hoeksnelheden boven $70^\circ/\text{sec}$ niet makkelijk door te voeren. Voor deze grote hoeksnelheden tot $180^\circ/\text{sec}$ gebruikten wij steeds de draaistoel van *Bárány*. De beschreven snelheidsmeter werd in een grote serie proeven, waarbij de omlooptijd door twee waarnemers met een chronometer werd bepaald, zorgvuldig geijkt. Het bleek, dat de vullingsvloeistof onder invloed van de temperatuur aan een zekere mate van verdamping onderhevig was. Hierdoor was het noodzakelijk het systeem op gezette tijden door een kleine opening in het busje bij te vullen. Gedurende meer dan twee jaar, waarin wij de apparatuur gebruikten, heeft deze snelheidsmeter uitnemend voldaan. Bovendien vormt het systeem een zeer goed waterpas, waarmee de verticale stand van de as van de draaistoel gemakkelijk kan worden gecontroleerd.

De draaistoel is aan één zijde open; deze zijde kan door een goed licht-dicht gordijn worden afgesloten. Het vertrek kan bovendien door gordijnen vrijwel duister worden gemaakt. In de kast is een zitbankje aangebracht met een paar armleuningen. Door een verstelbaar bijtblok kan de stand van het hoofd van de proefpersoon nauwkeurig worden ingesteld en gefixeerd. Boven op de kast is een accu geplaatst, die dient als stroombron voor de verlichting van de schaalverdeling van de snelheidsmeter en voor de bril van *Frenzel*. Met deze apparatuur hebben wij bij 55 normale proefpersonen bepalingen verricht betreffende de postrotatoire sensitie- en nystagmusduur bij verschillende grootten der impuls, op dezelfde wijze als dit is aangegeven door de Utrechtse onderzoekers. De proefpersonen hadden alle normale trommelvliezen, een normaal gehoor en een negatief fistelsymptoom, terwijl zij geen vestibulaire klachten of spontane vestibulaire verschijnselen hadden. Voor de meting van de post-rotatoire sensatieduur

werden zij kort geïnstrueerd omtrent het verloop van de proef en daarna in het verduisterde vertrek in de geheel verduisterde draaistoel geplaatst. Eerst fixeerden wij het hoofd in een positie 30° voorover door middel van het bijtblok, doch het bleek spoedig, — ook uit persoonlijke ervaring —, dat deze fixatie de goede waarneming niet bevorderde. Wij zijn er daarop toe overgegaan, de proefpersonen nauwkeurig te instrueren het hoofd in een licht voorovergebogen positie goed stil te houden. De draaistoel werd steeds zeer voorzichtig in gang gebracht en er werd voor gezorgd dat de hoeksnelheid zeer langzaam toenam. Na enige oefening lukte het uitstekend om de versnelde beweging zó uit te voeren, dat de proefpersoon generlei draaisensatie kreeg. Na het bereiken van de beoogde hoeksnelheid roteerden wij nog ongeveer 30 seconden eenparig verder en daarna werd de draaistoel in korte tijd tot stilstand gebracht. Voor hoeksnelheden tot $10^\circ/\text{sec}$ bedroeg de stoptijd ongeveer $\frac{1}{4}$ seconde, voor hoeksnelheden van $10^\circ/\text{sec}$ tot $40^\circ/\text{sec}$ ongeveer $\frac{1}{2}$ seconde en voor hoeksnelheden tot $60^\circ/\text{sec}$ ongeveer 1 seconde. Volgens de berekeningen van Groen is het stoppen in een dergelijke tijd geoorloofd in verband met de grote eigen frequentie van de cupula. Of dit voor de geringe hoeksnelheden ook geldt is naar onze mening zeer de vraag. We komen hierop nader terug bij de bespreking van de minimum-perceptibile-bepaling. Nadat de draaistoel tot stilstand was gebracht gaf de proefpersoon aan gedurende welke tijd hij een draaigewaarwording had, terwijl wij steeds navroegen in welke richting hij deze draaiing waarnam. Bij de 55 onderzochten vonden wij het volgende: 39 bleken goed in staat om hun sensatieduur aan te geven en bij hen kon uit 16 punten (8 voor rotatie naar links en 8 voor rotatie naar rechts) een goede rechtlijnige curve worden geconstrueerd. De curve verliep in het algemeen ongeveer als die, welke in Utrecht als de gemiddelde sensatie-curve werd opgegeven. Bij 39 van hen herhaalden wij het onderzoek drie keer. Een identieke curve vonden wij echter slechts bij 14. Bij de 9 anderen leverde het 2e en 3e onderzoek duidelijk verschillende waarden op. Bij 5 proefpersonen bleef de curve behoorlijk rechtlijnig, doch de helling was anders. Blijkbaar gaven deze proefpersonen hun sensaties regelmatig aan, doch werd het moment van niet-meer-draaien op een ander niveau geïnterpreteerd.

Meestal werd de curve tijdens volgende bepalingen vlakker. Vaak gaven de proefpersonen aan, dat ze bij een gevonden steiler verloop van de curve de draaiingen ook sterker en beter waarnamen. Het is naar onze mening duidelijk, dat de cupula die na een verkregen deviatie asymptotisch naar de ruststand terugbeweegt, aanleiding geeft tot een langzaam weg-ebbende draaigewaarwording, die echter op een wisselend niveau als geëindigd kan worden aangegeven. Het is daarom zeer goed begrijpelijk, dat ook normale en geïnteresseerde proefpersonen bij bepalingen op verschillende tijdstippen andere waarden van de sensatieduur opgeven. Soms levert het eerste onderzoek een aantal regelloos verspreide meetpunten, terwijl bij volgende bepalingen de meetpunten op ongedwongen wijze een rechte lijn vormen, in andere gevallen wordt bij herhaling een rechte lijn gevonden, die echter onder een wisselende hoek oploopt. In een aantal gevallen gelukt het ook bij herhaling niet een rechte curve te verkrijgen. De Utrechtse onderzoekers wijzen er op, dat het vaak voor intelligente en critische personen moeilijk is om hun sensaties goed aan te geven. Aan de andere kant deden wij de ervaring op, dat de methode niet toegepast kan worden bij hysterische of neurasthene personen. Ook de omstandigheden waaronder het onderzoek plaats vindt zijn van grote invloed. Zo is het bijvoorbeeld nodig, dat de proefpersoon en ook de onderzoeker niet gejaagd of prikkelbaar zijn en dat in het vertrek een volkomen rust heerst. De beste en meest constante resultaten verkregen wij bij flegmatieke personen. De waarde van een onderzoekingsmethode wordt echter wel sterk beperkt, indien enerzijds intelligente patiënten en anderzijds neurotici, hysterici en debielen moeten worden uitgeschakeld. Als wij de resultaten van het onderzoek van onze 55 proefpersonen overzien, krijgen wij het onderstaande lijstje :

| | |
|---------------------------------------------------|-----------|
| 1e onderzoek, rechtlijnige curve, niet herhaald : | 16 |
| bij herhaling rechtlijnig en identiek : | 16 |
| bij herhaling rechtlijnig, niet identiek : | 5 |
| 1 keer rechtlijnig, andere keren niet : | 9 |
| bij herhaling niet rechtlijnig : | 9 |
| Totaal onderzochte proefpersonen : | <u>55</u> |

Wij zien dus dat bij 39 proefpersonen het onderzoek herhaald

werd (minstens 3 keer) en dat bij 16 hiervan steeds dezelfde curve werd gevonden met een goed rechtlijnig verloop (41 %). Bij 23 was het verloop bij de verschillende bepalingen anders, terwijl soms wel en soms geen rechtlijnige curve werd verkregen (59 %). Bij 9 van de 55 proefpersonen werd nimmer een curve van rechtlijnig verloop verkregen (16 %). Dit is geen fraai resultaat. We hebben ons natuurlijk afgevraagd of in onze werkwijze wellicht fouten scholen, doch dit bleek niet het geval te zijn, toen wij ons van de in Utrecht gevolgde werkwijze door eigen waarneming overtuigden.

Eén ding was bij onze waarnemingen nog merkwaardig: dikwijls bleken de beide eerstgevonden waarden (die wij steeds bij impulsen van 20—30°/sec bepaalden) hoger te liggen dan alle volgende. Ook bij de door ons onderzochte patienten namen wij dit veelvuldig waar.

Volgorde der impulsen :

| Rot. n. L. | |
|------------|--------|
| 20°/sec | 20" |
| 12°/sec | 10" |
| 6°/sec | 4" |
| min.perc. | 3°/sec |
| 10°/sec | 4" |
| 30°/sec | 10" |
| 45°/sec | 12" |
| 60°/sec | 16" |

| Rot. n. R. | |
|------------|--------|
| 20°/sec | 18" |
| 12°/sec | 11" |
| 6°/sec | 4" |
| min.perc. | 3°/sec |
| 10°/sec | 3" |
| 30°/sec | 11" |
| 45°/sec | 14" |
| 60°/sec | 15" |

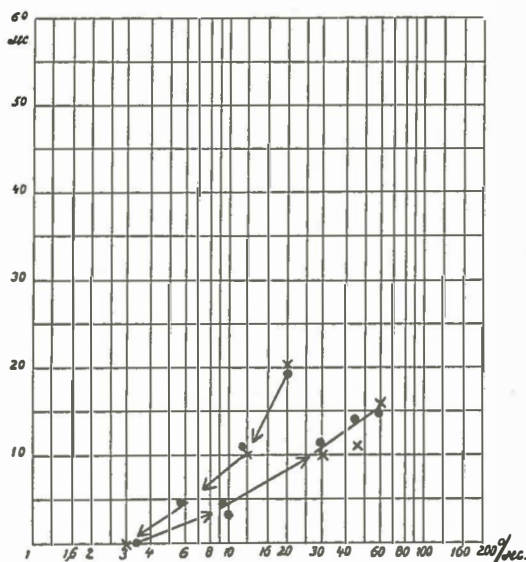


Fig. 4. Verloop van de postrotatoire sensatieduur bij opeenvolgende bepalingen: geleidelijke daling; de eerst geregistreeerde waarden worden niet weer bereikt.

De eerst geregistreeerde waarden werden derhalve naderhand

nimmer weer bereikt, ook niet hij hogere snelheden. Het is voor ons de vraag gebleven, of niet juist deze beide eerst gevonden waarden de zuiverste weergave waren van de gewaarwordingen van de patienten en proefpersonen. Daarentegen lagen de volgende waarden beter op een rechte lijn. Bovendien was opvallend, dat ook bij heronderzoek op volgende dagen de beide eerst gevonden hoge waarden niet meer werden bereikt. Indien we uit de reeks onderzochte proefpersonen diegenen nemen waarbij een of meermalen een curve verkregen werd waarvan de spreiding der meetpunten buiten de rechte lijn niet meer dan 10 % bedroeg, dan blijkt dit aantal 46 te zijn. Bij beschouwing van deze 46 curven blijkt

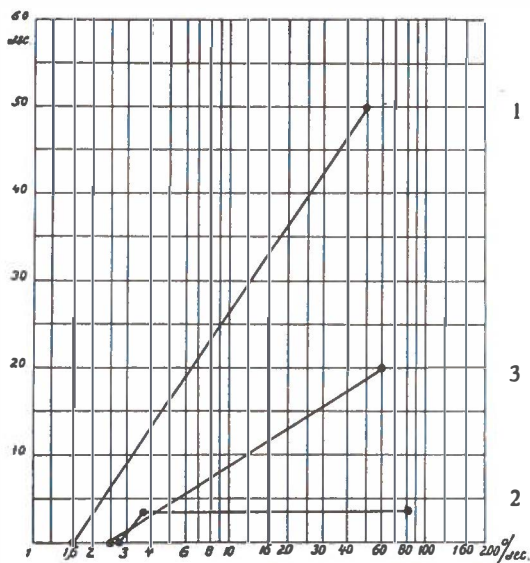


Fig.5. Curven voor de postrotatoire sensatieduur
1. hoogste gevonden waarde
2. laagste gevonden waarde (plateau-vorm)
3. gemiddelde waarde bij 46 proefpersonen
(ter wille van de duidelijkheid zijn de afzonderlijke meetpunten niet aangegeven).

de variatie enorm te zijn. In fig. 5 staan de uiterste gevonden waarden en de gemiddelde curve aangegeven. In fig. 6 hebben wij de frequentie, waarin een bepaalde helling der curven voorkwam, grafisch weergegeven, waaruit een niet fraai binominaal verloop te zien is. Het is naar onze mening duidelijk dat hieruit geen bepaald verloop als „normaal” is aan te geven. Op theoretische gronden kan aanvaard worden, dat de normale curve een rechte lijn behoort

te zijn met een oplopend verloop. We menen dan ook wel, dat we, indien we bij herhaling een dergelijke curve verkrijgen, mogen besluiten tot een normaal functionnerend vestibulair orgaan. Het omgekeerde is echter zeer twijfelachtig. Het blijft immers geheel de vraag of datgene wat wij meten, — een gewaarwording

die tot de cortex cerebri is doorgedrongen — ook weergeeft wat in het sensibele eindorgaan gebeurt. Op 2 onzer proefpersonen willen wij nog wat dieper ingaan: het betreft twee normale jonge individuen, waarbij in de anamnese en bij het onderzoek generlei vestibulaire stoornis kon worden aangetoond. Beide gaven na rotatie een sensatieduur aan, die bij herhaling en bij alle impulsen slechts 4 tot 5 seconden duurde. Dit is een curve, waaraan de Utrechtse onderzoekers de naam plateau-vorm gaven en waaraan zij een beslist pathologische waarde hechten. Bij deze proefpersonen was de nystagmuscurve normaal. Deze vorm van de sensatiecurve vonden wij bij patiënten bij herhaling.

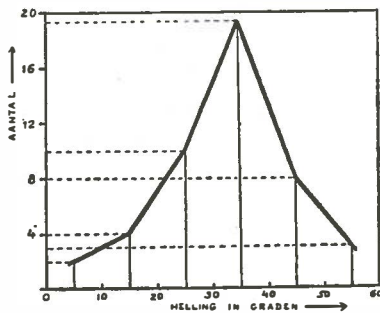


Fig. 6. Helling van de curve voor de postrotatoire sensatieduur bij 46 normale proefpersonen

Het betrof hier practisch steeds patiënten waarbij anamnestic vertigo bestond en waarbij bij het verdere onderzoek veelvuldig (doch niet altijd) abnormale vestibulaire reacties waren te vinden. Het lijkt, gezien het grote percentage waarin wij deze vorm der sensatiecurve ontmoetten bij patiënten, niet onwaarschijnlijk, dat hieraan inderdaad een zekere pathologische waarde kan worden toegekend, doch gezien het voorkomen van dezelfde curve bij volkomen normale individuen is deze waarde zeker niet absoluut te noemen. Bij de beide bovengenoemde proefpersonen hebben wij ons onderzoek naar de sensatie voortgezet. *Jongkees* en *Groen* beschrijven een andere vorm van sensatieonderzoek, waarbij de proefpersoon na een gegeven impuls aangeeft hoe zijn draaigewaarwording verloopt. Hiertoe geeft hij het moment aan, waarop hij voor zijn gevoel $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 rotaties etc. heeft volbracht. Indien men deze tijden registreert en daaruit de gemiddelde hoeksnelheid over de doorlopen sectoren berekend, kan deze subjectieve hoeksnelheid als functie van de tijd in een grafische voorstelling worden uitgedrukt. Ook hier kregen *Jongkees* en *Groen* bij een aantal proefpersonen een fraaie rechte lijnige curve. Wij deden hetzelfde bij onze twee proefpersonen, die inderdaad in staat bleken deze afnemende

snelheidsgewaarwording goed aan te geven. We vonden hier dus bij gelijk blijvende duur van de postrotatoire sensatie een duidelijk verschil in de snelheidsgewaarwording op het moment van stoppen. De subjectieve hoeksnelheid daalde echter steeds in dezelfde tijd tot 0; de subjectieve vertraging was dus bij sterke impulsen veel groter dan bij kleine. We hebben getracht dit door de proefpersoon zelf te laten registreren op de volgende wijze: in de draaistoel wordt vóór de proefpersoon een kymografion geplaatst dat om een verticale as draait. Aan de as van dit kymografion is een draaikruk bevestigd, die door de proefpersoon kan worden bewogen. Op het kymografion geeft een tijdschrijver een tijdsverdeling van één seconde aan. De proefpersoon werd nu geïnstrueerd, om na het toedienen van een impuls zijn eigen draaigewaarwording zo goed mogelijk op de draaikruk over te brengen. (Het is duidelijk dat hierdoor nog een extra moeilijkheid wordt ingevoerd door de weergave van de sensatie op het moment zelf). Men kan verwachten op deze wijze een curve te krijgen, waarin gedurende de opeenvolgende seconden een steeds kleiner wordende sector wordt beschreven. Deze proef kan met verschillende impulsen worden herhaald. Tevoren lieten wij het kymografion met een hoeksnelheid van $\frac{1}{6}^\circ$ sec roteren, waardoor dus een verdeling in graden werd aangegeven. Hieruit kon gemakkelijk de subjectieve hoeksnelheid worden gevonden. Het totale aantal secondesignalen geeft tevens de sensatieduur aan. Bij de twee proefpersonen met het genoemde plateau-vormige verloop van de sensatiecurve verkregen wij op deze wijze een aardige weergave van hun vaardigheid om hoeksnelheden op het moment van stoppen te schatten en van de zeer sterke vertraging die zij bij grotere impulsen waarnamen (fig. 7).

Hetzelfde onderzoek hebben wij vervolgens bij 9 normale proefpersonen verricht. Van 3 van hen zijn de curven in de fig. 8, 9 en 10 afgebeeld. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de oorspronkelijke, door de proefpersonen op het kymografion beschreven curven, bij fotografische reproductie op kleinere schaal helaas te veel aan duidelijkheid bleken in te boeten. Om die reden hebben wij deze curven nauwkeurig gecopieerd, doch de lijnen iets zwaarder aangezet. De reproductie van deze copieën is afgedrukt.

Zeër goed is hieruit te zien, dat proefpersoon 5 (fig. 8) goed in staat is de hoeksnelheid op het moment van stoppen te schatten.

Ook de door hem gegeven registratie van het subjectieve snelheidsverloop is zeer regelmatig. De sensatieduur, overeenkomend met het aantal secondesignalen is fraai evenredig met de log. van de hoeksnelheid op het moment van stoppen. Proefpersoon 3 (fig. 9) geeft wel vrij goed een verschil aan tussen de verschillende grootten van de gegeven impulsen, doch een juiste schatting van de werkelijke waarde daarvan bereikt hij niet. Ook de sensatieduur is vaak niet in overeenstemming met de grootte van de impuls.

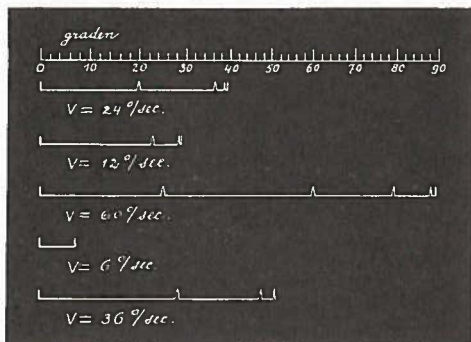


Fig. 7. Proefpersoon 1: Registratie van het subjectieve snelheidsverloop na toedienen van 5 impulsen van verschillende intensiteit. De postrotatoire sensaties zijn van nagenoeg gelijke duur. De snelheidsgewaarwording verschilt

Proefpersoon 8 (fig. 10) tenslotte, weet ook het verschil tussen

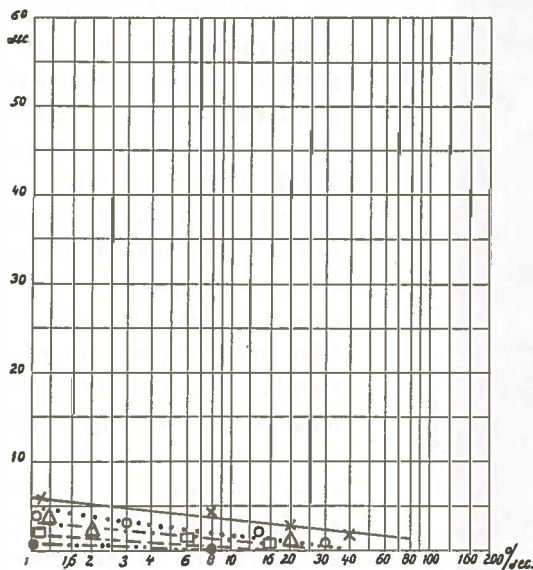


Fig. 7a. Grafiek van het subjectieve snelheidsverloop bij proefpersoon 1. (Zie fig. 7.)
 x — x 60°/sec. □ — □ 12°/sec.
 O O 36°/sec. ● — ● 6°/sec.
 Δ — Δ 24°/sec.

de opeenvolgende impulsen niet goed weer te geven. Een analogie met het toongehoor drong zich hierbij aan ons op: de meeste mensen zijn wel in staat van een reeks tonen het hoogteverschil op te merken, doch een vergelijking tussen bijv. de eerst gehoorde en de vierde is voor hen zeer moeilijk. Een meer muzikaal aangelegd individu kan dit beter, doch slechts de man met een goed ontwik-

keld toongehoor is in staat om uit twee reeksen tonen de overeenkomstige toon te horen en na te zingen. Wij kregen de stellige indruk, dat het schatten van de hoeksnelheid voor de meeste proef-

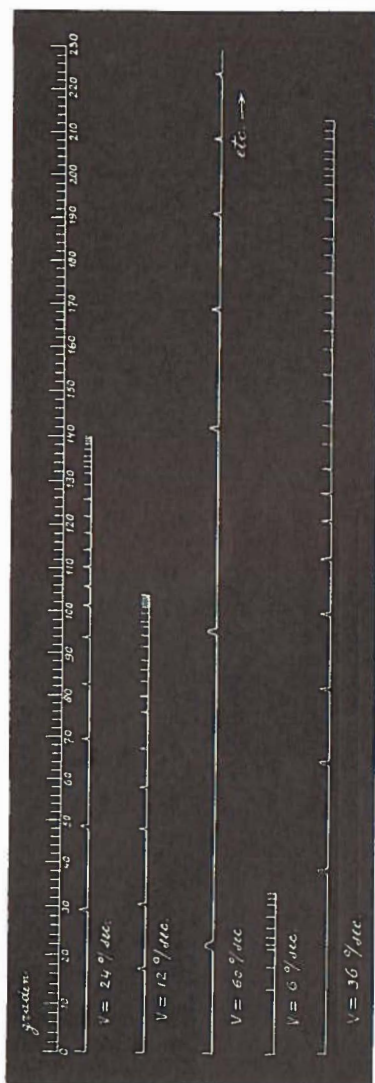


Fig. 8. Proefpersoon 5: Registratie van het subjectieve snelheidsverloop na toediening van 5 impulsen van verschillende intensiteit. Goede taxatie van de grootte van de impuls. Regelmatige toename van de sensatieduur bij toename van de impuls.

personen zeer lastig is en dat ook hierbij oefening een grote rol speelt. De opeenvolgende impulsen werden steeds in een volgorde gegeven, die de proefpersonen onbekend was. Nogmaals leggen wij er de nadruk op, dat de door ons gevraagde wijze van weergeven van de sensatie door een roterende handbeweging op het moment zelf een grote moeilijkheid vormt, doch deze registratie geeft toch een beeld van de grote verscheidenheid in de interpretatie van de subjectieve gewaarwording. Een grafische weergave van de afgebeelde curven, waarbij het subjectieve snelheidsverloop in een logarithmische schaal is uitgezet tegen de tijd, is door Groen beschreven. Men krijgt hierbij voor elke impuls een curve, die in de omgekeerde richting loopt als de curve voor de sensatieduur. Voor de ideale proefpersoon zou men hierbij een aantal vrijwel evenwijdige curven krijgen zoals

afgebeeld in fig. 11. Voor de 4 bovengenoemde proefpersonen zijn deze curven weergegeven in de fig. 7a, 8a, 9a en 10a.

Slechts bij een enkele proefpersoon hebben wij het verloop van de subjectieve hoeksnelheid ook bij impulsen boven $60^\circ/\text{sec}$ nagegaan. We kregen de indruk dat dan de schatting van de hoeksnelheid steeds meer moeilijkheden geeft. Dit zou overeenkomen met de opvatting van van Egmond, Jongkees en Groen, dat sterke impulsen niet goed verwerkt kunnen worden. Interessant zijn in dit opzicht de waarnemingen van Löwenstein en Sand, die vonden, dat van de cupula in de booggangen van de stekelrog bij een plotseling toegediende hoeksnelheid van $60^\circ/\text{sec}$ een maximale elektrische spanning is af te leiden, terwijl de uitwijking dan slechts enkele μ bedraagt. De Vries vond bij de cupula in het zijlijnorgaan van vissen, dat de maximale elektrische spanning is af te leiden bij een deviatie van $\pm 10 \mu$. Het is zeer waarschijnlijk, dat bij de mens iets dergelijks het geval is.

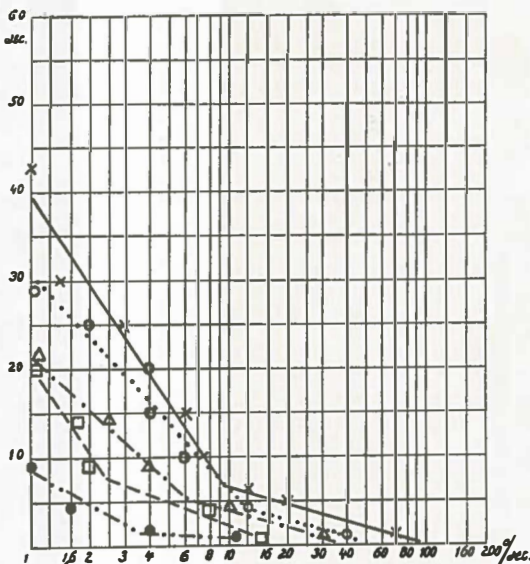


Fig. 8a. Grafiek van het subjectieve snelheidsverloop bij proefpersoon 5. (Zie fig. 8.)

Het feit, dat bij impulsen van physiologische grootte een aantal proefpersonen in staat blijkt de subjectieve hoeksnelheid goed te schatten, vormt zeker een bevestiging van de theorie betreffende de cupulabeweging, doch het grotere aantal proefpersonen dat hiertoe niet in staat blijkt toont aan, dat er aanzienlijke restricties bestaan met betrekking tot de interpretatie van de beweging van het eindorgaan in cerebro. Dit probleem, dat eigenlijk de kern vormt van de vestibulaire sensatiemetingen beweegt zich om de vraag, in hoeverre het vestibulaire orgaan opgevat moet worden als een zintuig, dan wel als een reflexorgaan. Interessant zijn in dit verband de proeven van Bijtel en Mevr.

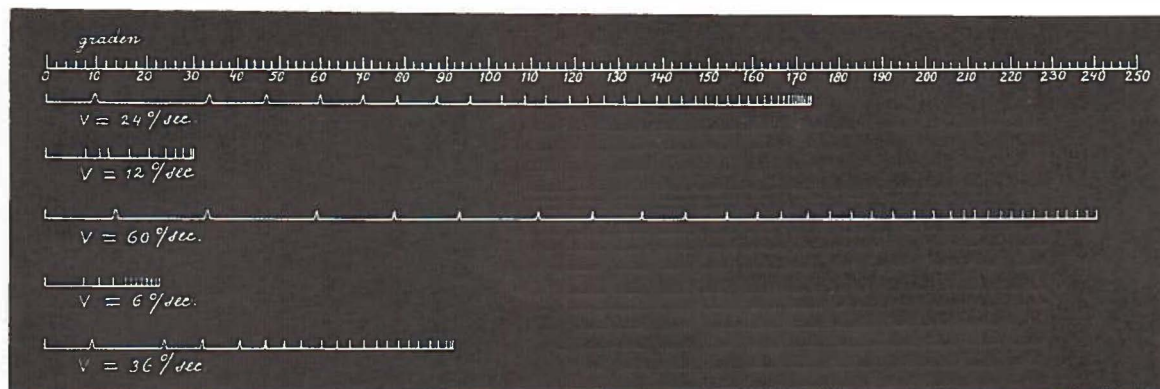


Fig. 9: Proefpersoon 3: Registratie van het subjectieve snelheidsverloop na toedienen van 5 impulsen van verschillende intensiteit. Verschillen in grootte van de opeenvolgende impulsen worden goed gevoeld. De absolute waardering is onjuist.

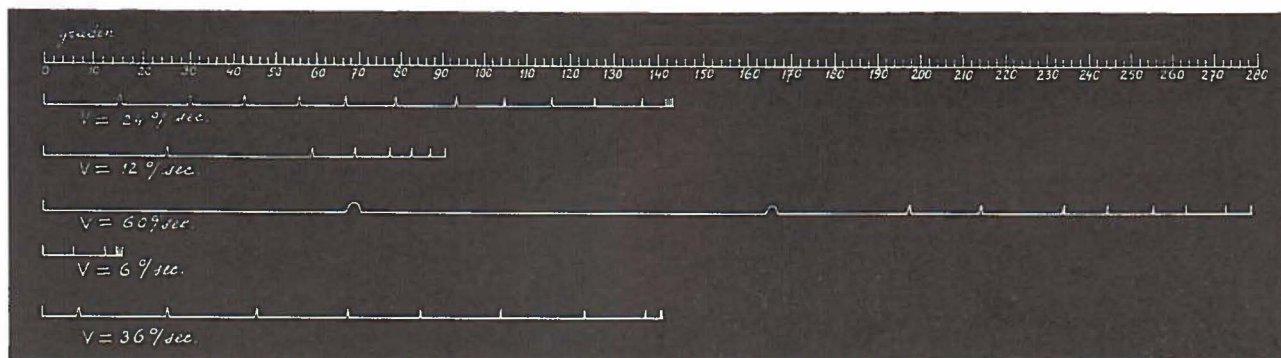


Fig. 10. Proefpersoon 8: Registratie van het subjectieve snelheidsverloop na toedienen van 5 impulsen van verschillende intensiteit. Geen juiste schatting van de grootte van de impuls. De sensatieduur houdt geen duidelijk verband met de grootte van de impuls.

Velleman-Pinto, die bij het toedienen van verschillende zintuigsprikels steeds een psychogalvanische reflex konden afleiden. Dit bleek niet mogelijk na het toedienen van vestibulaire prikkels. De Kleyn oppert op grond hiervan de mogelijkheid, dat de gewaarwordingen tot de subcortex beperkt blijven. Het blijft natuurlijk de vraag in hoeverre het al of niet bestaan van de psychogalvanische reflex

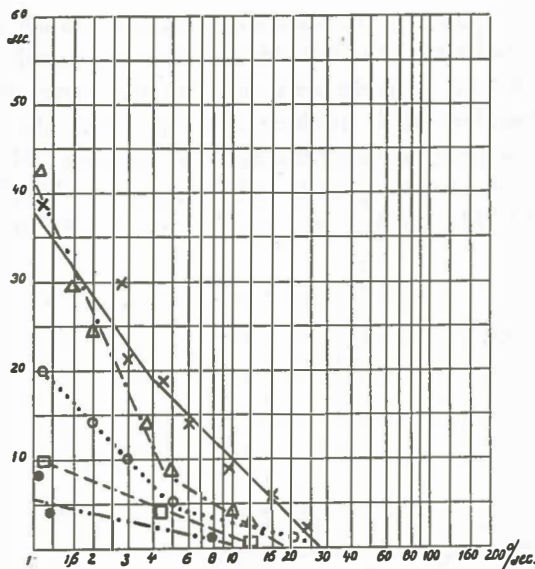


Fig. 9a. Grafiek van het subjectieve snelheidsverloop bij proefpersoon 3. (Zie fig. 9.)

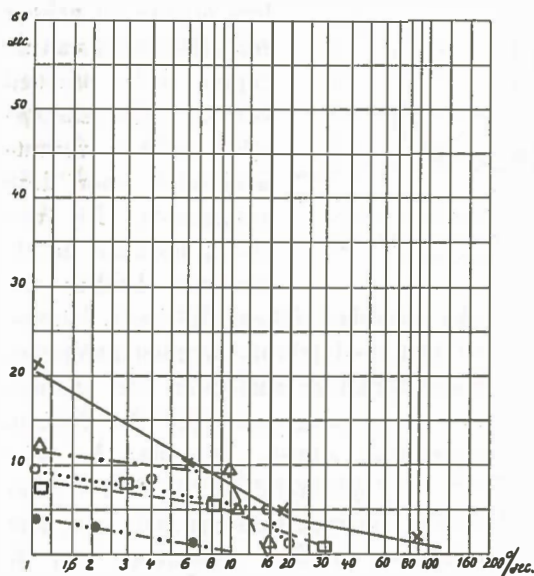


Fig. 10a. Grafiek van het subjectieve snelheidsverloop bij proefpersoon 8. (Zie fig. 10.)

als criterium kan worden aangelegd voor het toekennen van de kwalificatie „zintuig”, doch een verschil met de organen, die zeker als zintuig kunnen worden beschouwd is er in ieder geval. Indien men het vestibulaire orgaan ten slotte toch als zintuig wil beschouwen, zo is dit geen hoog ontwikkeld zintuig, en de centrale kinetische herinneringsbeelden zijn zeer zwak.

Nadat wij ons aldus een inzicht hadden gevormd in de gewaarwordingen na het toedienen van impulsen van physiologische grootte, interesseerde het ons ook zeer om dit onderzoek uit te breiden tot de sterkere impulsen, zoals die worden gegeven bij het klassieke draaistoelonderzoek volgens *Bárány*. Het belangrijkste werk dienaangaande is afkomstig van *Buys* en van de school van *M. H. Fischer*, die zich intensief hebben beziggehouden met de

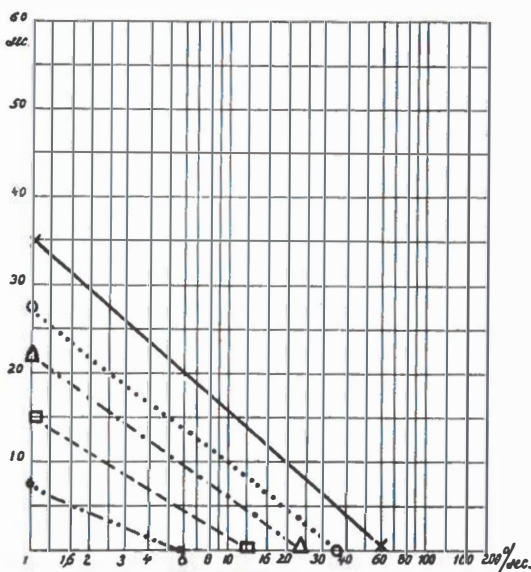


Fig. 11. Grafiek van het subjectieve snelheidsverloop van de ideale proefpersoon bij impulsen van verschillende intensiteit,

secundaire en evt. volgende nasensaties die wij in Hoofdstuk I beschreven. De oorzaak van deze nasensaties zochten deze onderzoekers in een centrale prikkelbaarheidsverandering. De Utrechtse onderzoekers daarentegen leggen ook hier de nadruk op het perifere orgaan en achten een difformatie van de cupula onder invloed van de onphysiologische prikkel verantwoordelijk voor deze nasensaties. Bij een 10-tal normale proefpersonen hebben wij

de sensaties nagegaan bij sterke prikkels (100 en 180°/sec). Hiertoe kon de beschreven draaistoel niet goed gebruikt worden, aangezien de grote traagheid het roteren met dergelijke snelheden zeer moeilijk maakt. We gebruikten daarom de gewone draaistoel van *Bárány*, die wij een langzame versnelling gaven. Na het bereiken van de gewenste hoeksnelheid werd gedurende minstens 1 minuut eenparig geroteerd. De secundaire, tertiaire en soms zelfs quataire nasensaties traden dan regelmatig op. Het registreren van de sensatieduur werd hierdoor bemoeilijkt. Wij zagen in 5 van de 10 gevallen de sensatieduur toenemen, doch niet lineair met de log. van

de hoeksnelheid. De sensatiekrommen kregen boven $60^\circ/\text{sec}$ een vlakker verloop. Het is niet onmogelijk, dat dit te wijten is aan een beschadiging van de cupula, doch waarschijnlijk lijkt ons dit niet. *Steinhausen* kon bij de snoek de cupuladeviatie zelfs bij zeer sterke draaiprikkels niet op de film vastleggen, aangezien deze te klein was. Bij calorische prikkeling was deze deviatie echter zeer groot en goed waar te nemen. Toch bleef de ingebrachte O.I. inkt steeds volkomen aan één zijde van de cupula en van een lekkage was niets te merken. Weliswaar kunnen deze waarnemingen niet zonder meer op de mens worden overgebracht, doch het lijkt ons niet voor de hand liggend om aan te nemen, dat een rotatieprikkel van $180^\circ/\text{sec}$, die bij het proefdier een cupuladeviatie geeft van nauwelijks waarneembare grootte, bij de mens zou resulteren in een beschadiging en een lekkage van de cupula.

Bij een 6-tal proefpersonen registreerden wij het verloop van de sensatiecurve vóór en na het toedienen van sterke draaiprikkels. Bij 3 van hen was de eerst-geregistreeerde curve (na draaiprikkels tot $60^\circ/\text{sec}$) niet fraai rechtlijnig, zodat een vergelijking niet goed mogelijk was. Bij één van hen vertoonde echter de curve na het toedienen van een draaiprikkel van $180^\circ/\text{sec}$ een mooi regelmatig verloop. Bij de 3 anderen was de curve na het toedienen van zwakke prikkels rechtlijnig en verliep onder een middelmatig grote hoek. Direct na de toediening van sterke prikkels was het verloop inderdaad vlakker, doch wij zagen dat ook geregeld bij het herhalen van het onderzoek met minder sterke prikkels. Na een maand bestond hetzelfde vlakke verloop nog steeds. Een verband met de éne snelle rotatie menen wij af te moeten wijzen. Tenslotte gingen wij de invloed van snelle draaiing nog na bij enkele gevorderde leerlingen van een balletklasse. Deze meisjes konden geacht worden goed gewend te zijn aan snelle rotaties, zoals deze worden uitgevoerd bij de pirouettes van het klassieke ballet, bij de wals en bij verschillende volksdansen. Vooral bij de Russische, Roemeense en Hongaarse dansen worden hoeksnelheden bereikt die vaak $300^\circ/\text{sec}$ te boven gaan. We dienen hierbij in aanmerking te nemen, dat in het algemeen de geoefende danser de invloed van deze snelle rotaties weer teniet doet door telkens snelle contra-rotaties van het hoofd uit te voeren. Hierbij treedt hetzelfde op als bij een perrotatoire optokinetische kop-nystagmus. *Bárány* wees hier reeds

op en zag dan ook, dat geofende dansers vaak na plotselinge onderbreking van de roterende beweging vrijwel geen nystagmus vertoonden. *Mowrer* ging dit verschijnsel nauwkeurig bij konijnen na door het toedienen van voortdurende en intermitterende draaiing. *Barany* stelde daarnaast vast, dat bij links-dansers vaak een nystagmus van kortere duur wordt gevonden na rotatie in die richting, dan na rotatie naar rechts, terwijl bij rechts-dansers het omgekeerde het geval was. Hij laat echter in het midden of dit verschil in nystagmusduur een gevolg is van het dansen of wel, dat de voorkeur om links- of rechtsom te dansen juist het gevolg is van een bestaand verschil in de vestibulaire prikkelbaarheid. Hij kon geen invloed vaststellen van een frequente of langdurige draaiing van proefpersonen. Bij enkele Russische en Hongaarse volksdansen is het echter juist karakteristiek, dat de contrarotaties van het hoofd achterwege worden gelaten en dat de blik recht vooruit blijft gericht. Hierbij treedt dus een sterke optokinetische nystagmus op. Bij de genoemde ballet-leerlingen, bij wie a priori een zeer goed equilibrium kon worden aangenomen en bij wie ook generlei vestibulaire stoornissen aangetoond konden worden, bepaalden wij de nystagmus en sensatiecurven vóór en na zeer snelle passieve en actieve draaiing. Alle vertoonden zij een goed rechtlijnig, doch vrij vlak verloop van de sensatiecurve, dat echter vóór en na de snelle rotatie volkomen gelijk bleef. Een perifere oorzaak van een mogelijke verandering in de sensatiecurve lijkt ons ook op deze gronden niet aannemelijk. Het is dan ook naar onze mening niet zozeer op grond van de mogelijke beschadiging van de cupula, als wel op grond van het niet physiologische karakter van de prikkel en de slechtere uitkomsten dat wij de rotatoire prikkels van grote intensiteit van geringe waarde achten.

Vervolgens willen wij de gegevens mededelen betreffende het onderzoek naar de postrotatoire nystagmus bij verschillende intensiteiten van de draaiprikkel. De bepalingen werden verricht bij 50 normale proefpersonen, voor een groot deel dezelfde als waarbij de bepalingen van de postrotatoire sensatieduur werden gedaan. De nystagmus namen wij waar door de bril van *Frenzel*, terwijl het vertrek waarin het onderzoek plaats vond, vrijwel duister was. De proefpersoon zat in de draaistoel met het hoofd iets voorover gebogen, teneinde de horizontale kanalen in de optimale positie te

plaatsen en hij hield tijdens de rotatie de ogen gesloten. Hij opende de ogen op ons verzoek, vlak vóór dat de draaistoel werd gestopt en blikte dan rustig in de verte. In den beginne fixeerden wij het hoofd in de optimale positie door een bijtblok, doch een voordeel gaf dit zeker niet; in tegendeel, wij kregen de indruk, dat hierdoor iets krampachtigs werd veroorzaakt en dat de onwillekeurige oogbewegingen werden versterkt. De bepaling van de postrotatoire sensatieduur was steeds aan de nystagmusbepaling voorafgegaan, zodat de proefpersoon met de plotseling optredende draaigewaarwording vertrouwd was. Wij vingden steeds aan met het zoeken naar die hoeksnelheid, waarbij na het stoppen van de stoel juist een nystagmus zichtbaar was en versterkten daarna geleidelijk de toegediende impulsen. Steeds werd ook hier op 6—8 meetpunten zowel voor rotatie naar links als naar rechts de nystagmusduur bepaald tot een hoeksnelheid van $60^\circ/\text{sec}$. Daarna werd de proefpersoon in de draaistoel van *Bárány* onderzocht bij een hoeksnelheid van $180^\circ/\text{sec}$. Subliminaal accelereren was hierbij niet mogelijk. Teneinde de invloed van de aanvangsversnelling zo gering mogelijk te maken, versnelden wij vrij langzaam en roteerden met een vrijwel eenparige snelheid van $180^\circ/\text{sec}$ nog ongeveer 24 omwentelingen door (50 seconden). Bij dit onderzoek gebruikten wij in een aantal gevallen de bril van *Frenzel*, in de meeste gevallen echter de bril volgens *Bartels*, die bestaat uit glazen van + 20 D., doch geen inwendige verlichting heeft. Het leek ons van betekenis de nystagmus na sterke en zwakke prikkels aan een vergelijkend onderzoek te onderwerpen, teneinde ook hierbij een goede indruk van de klinische waarde te verkrijgen.

Van de nystagmus kan men verschillende componenten onderzoeken: de duur, het aantal slagen, de grootte van de slagen gedurende het hele verloop en de tijdsduur tussen de opeenvolgende slagen. Zonder nystagmografie is het slechts mogelijk de duur en het aantal slagen te meten, doch van de laatstgenoemde componenten kan men slechts een indruk krijgen. Deze zijn echter zeker niet onbelangrijk.

Naar onze mening is echter de duur het belangrijkste, aangezien te verwachten is, dat deze het best de cupulabeweging weergeeft. Het observeren van de nystagmus is geenszins een gemakkelijke zaak. Men is zeer sterk afhankelijk van de rust waar-

mede de proefpersoon zijn ogen op oneindig weet in te stellen en bewegingen van oogleden en oogbol weet te vermijden. Vooral is dit het geval bij de observatie van de zeer kortdurende nystagmus na het toedienen van kleine impulsen. Het bleek hierbij gewenst, de ogen reeds te doen openen vóór de plotselinge vertraging, zodat optredende instelbewegingen overwonnen waren op het moment van de booggangsprikkeling. Een moeilijk punt blijft steeds het bepalen van het tijdstip waarop de nystagmus is afgelopen. Indien we ervan uitgaan dat de nystagmus een gevolg is van de cupuladeviatie, dan kunnen we aannemen dat deze nystagmus evenals de beweging van de cupula een asymptotisch verloop heeft en theoretisch pas na oneindig lange tijd eindigt. Het vaststellen van het einde van de nystagmusbewegingen blijft derhalve steeds een schatten en elke registratie van een eindpunt zal dus te absoluut zijn. Veel hangt hierbij ook af van de regelmaat en de duidelijkheid der nystagmusslagen. Indien de observatie gestoord wordt door onwillekeurige oogbewegingen of lidslag, of indien de nystagmusslagen zelf klein zijn of onregelmatig verlopen, is het vaststellen van het moment waarop ze geëindigd zijn, een hachelijke taak.

Bij rustig vooruitblikkende proefpersonen, waarbij de oogbewegingen duidelijk verlopen, konden wij vaak reeds een enkele nystagmusslag waarnemen bij het stoppen van de draaistoel na een hoeksnelheid van omstreeks $6^\circ/\text{sec}$. In enkele gevallen zagen wij bij 3 tot $4^\circ/\text{sec}$ een langzame oogdeviatie optreden, zonder dat zich daaraan een snelle component aansloot. Bij toenemende hoeksnelheden werd ook bij minder geschikte proefpersonen de nystagmus zichtbaar, die dan steeds uit zijn twee fasen was opgebouwd. De duur van de nystagmus vertoont, evenals de frequentie, de grootte der slagen en de intensiteit, individueel en ook bij eenzelfde persoon grote verschillen. In de gebruikelijke registratie van de duur vinden wij dan ook een grote spreiding. In het merendeel der gevallen ligt de minimum-hoeksnelheid, waarbij een nystagmus zichtbaar is ongeveer bij $10^\circ/\text{sec}$. De curve verkregen door de duur van de nystagmus uit te zetten tegen de log. van de hoeksnelheid, verloopt vrijwel rechtlijnig en bereikt bij $60^\circ/\text{sec}$ gemiddeld een waarde van 25—30 sec. In fig. 12 zijn de waarden die wij als uitersten vonden en de gemiddelde curve weergegeven. De curven voor

links en rechts draaien, vallen in het algemeen samen. In 3 gevallen vonden wij echter voor beide draairichtingen evenwijdig verlopende curven als uiting van een overwicht van de nystagmus in één richting. De meest naar links geplaatste curve geeft dus de draairichting aan, waarbij de postrotatoire nystagmus het sterkst is.

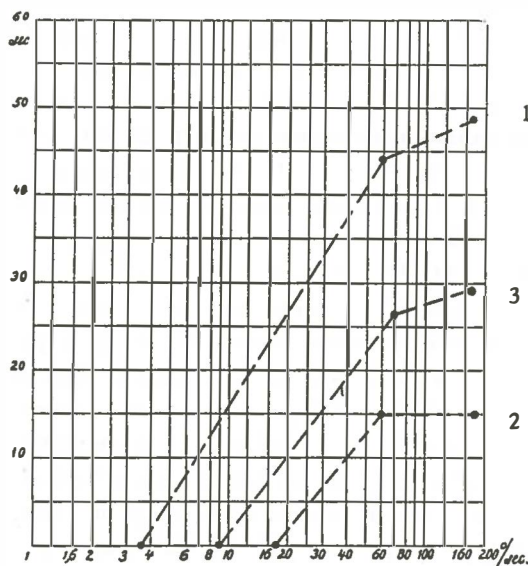


Fig. 12. Curven voor de postrotatoire nystagmusduur:

1. hoogste gevonden waarde;
2. laagste gevonden waarde;
3. gemiddelde waarde bij 50 proefpersonen;

verloop van de curve boven $60^\circ/\text{sec}$ rechtlijnig. Bij 3 werd de duur duidelijk geringer boven $60^\circ/\text{sec}$. Vrij vaak echter was het waarnemen van de nystagmus bij de sterke prikkels door onwillekeurige oogbewegingen en sterke vegetatieve verschijnselen van de proefpersonen (nausea) niet zo goed mogelijk als bij lagere hoeksnelheden. Bij 42 van de 50 proefpersonen bepaalden wij de nystagmuscurven twee of meermalen. De variabiliteit bij één individu blijkt ook hierbij vrij aanzienlijk te zijn, echter in veel sterkere mate bij de sterke dan bij de zwakke prikkels.

Wij konden vaststellen, dat bij onze proefpersonen de curven van de postrotatoire nystagmusduur in het algemeen

Het zou interessant zijn bij een groter aantal personen het verband tussen de richting van de overwegende nystagmus en rechts- of linkshandigheid na te gaan. Bij het toedienen van sterke prikkels ($180^\circ/\text{sec}$) zagen wij bij 32 van de 50 proefpersonen een sterke toename van het aantal slagen en de grootte ervan tijdens het begin van de nystagmus, doch vrijwel geen toename van de totale duur. Bij 15 proefpersonen nam de duur wel toe en bleef het

een rechte lijn vormen, waarvan het minimum is gelegen tussen $4^{\circ}/\text{sec}$ en $18^{\circ}/\text{sec}$ een helling die varieert tussen 20° en 60° . In enkele gevallen krijgt men twee evenwijdig verlopende curven als uiting van een bestaande richtingsvoorkeur. Bij sterke prikkels zoals bij de rotatie volgens *Bárány* neemt in het algemeen wel de frequentie en de grootte der uitslagen in het begin toe, doch de nystagmusduur blijft in de meeste gevallen vrijwel gelijk. De snelle rotatie is voor de proefpersoon en zeker voor de patient echter veel onaangename en een voordeel van deze sterke prikkeling boven prikkels van physiologische intensiteit konden wij niet vaststellen. In de fig. 5 en 12 zijn de curven voor de sensatie- en nystagmusduur onafhankelijk van elkaar afgebeeld. Indien wij de beide curven bij één proefpersoon beschouwen, blijkt, dat er tussen beide vaak weinig of geen correlatie bestaat. Bij sommige proefpersonen verloopt de curve voor de sensatie zeer steil, terwijl die voor de nystagmus een vlak verloop toont. Soms, bijv. bij de proefpersonen met de plateau-vormige sensatiecurve verloopt juist de nystagmusduur veel steiler. Vrij vaak zien wij een gekruist verloop van beide curven. Dit wordt door de Utrechtse onderzoekers als het normale verloop aangegeven. Dit ontbreken van een duidelijke correlatie is een der eigenaardige bijzonderheden van dit onderzoek. De nystagmus en de sensatie moeten dus in ieder geval verschillende banen volgen. Naar onze mening is de nystagmus directer aan de cupulabeweging gekoppeld dan de sensatie.

Ook voor het onderzoek van de post-rotatoire nystagmus achten wij het toedienen van een reeks impulsen van physiologische grootte waardevoller dan het toedienen van een sterke prikkel.

HOOFDSTUK III.

Het minimum-perceptibile van de draaigewaarwording.

Nadat wij het verloop van de sensatiecurven na het toedienen van draaiimpulsen van physiologische sterkte hadden nagegaan, leek het ons van betekenis nog wat dieper in te gaan op de minimale prikkelwaarde, die nodig is om juist een draaisensatie op te wekken. Wij hadden hoop, hierin wellicht een belangrijk criterium te kunnen vinden voor het al- of niet- goed functionneren van het booggangen-apparaat. Dit onderzoek werd ons aanzienlijk vergemakkelijkt, doordat we voort konden bouwen op het reeds genoemde onderzoek van *de Vries*.

De Vries werkte met nauwkeurig bekende versnellingen gedurende een eveneens nauwkeurig bekende tijd. Het was zijn bedoeling om naast de bepaling van het minimum-perceptibile ook de geldigheid van de z.g. αT wet na te gaan en om een indruk te krijgen van de minimale benodigde energie voor een reactie van de booggangen. Volgens *Mulder* is de prikkeling van de zintuigscellen van de cupula evenredig met de cupula-uitwijking, dus met het product van versnelling en tijd. Als T nam hij echter de z.g. aanwijstijd, d.w.z. de tijd die nodig is om bij een proefpersoon een bepaalde versnelling tot gewaarwording te doen komen. Deze tijd houdt tevens de reactie-tijd in. Volgens *Groen* geldt de constantie van het product αT voor korte tijden (minder dan 10 sec) aangezien dan de richtende kracht van de cupula nog geen rol speelt.

De Vries kon bij zijn proefopstelling zowel de versnelling als de tijd, gedurende welke deze versnelling inwerkt, naar willekeur wisselen. Hij vond dat voor tijden, die wisselen tussen 0.1 en 0.25 sec inderdaad het product αT constant is, doch dat voor tijden van 1 sec en langer, aanzienlijke deviaties optreden. Dit betekent dus, dat de intensiteit van de prikkeling van de zintuigscellen van de cupula niet evenredig is met de cupulauitwijking, doch dat nog andere

factoren hierbij een rol spelen; dit lijkt a priori ook zeer aannemelijk, aangezien het moeilijk denkbaar is, dat een bepaalde deviatie — op zichzelf een statische toestand — aanleiding zou geven tot een prikkeling.

Voor de genoemde korte waarden van T vond *de Vries* uit een grote reeksproeven, dat de fractie der waargenomen stimuli — indien deze grafisch wordt uitgezet tegen de grootte der gegeven versnelling — een vrijwel rechte lijn oplevert, die door de oorsprong lijkt te gaan. Dit zou dus betekenen, dat er geen bepaalde drempel voor de draaigewaarwording is. Het was gewenst deze proeven te herhalen en uit te breiden met een aantal normale proefpersonen en hierbij vooral na te gaan hoe het gesteld was met de waarneming

van minimale versnellingen. Hiertoe hebben wij gebruik gemaakt van de draaistoel van *de Vries*, waarvan hij de bedieningsapparatuur iets verbeterd had en zoals die ook in de laatste door hem beschreven series proeven werd gebezigd. We verrichtten ruim 17.000 bepalingen bij een 3-tal normale proefpersonen. De gebruikte apparatuur (fig. 13) bestond uit een grote kist, die om een verticale as, die onder en boven gelagerd is, zeer licht kan draaien.

Aan de achterzijde is aan deze kist een lange arm bevestigd, waaraan aan het uiteinde een gewicht is bevestigd. Aan dat gewicht zit een spoel (S) met draadwikkeling, waardoor een elektrische stroom kan worden gezonden. In de uitgangsstand van de kist bevindt zich deze spoel tussen de polen van een elektromagneet. Indien nu door de wikkelingen van de spoel een elektrische stroom wordt gezonden, beweegt deze zich

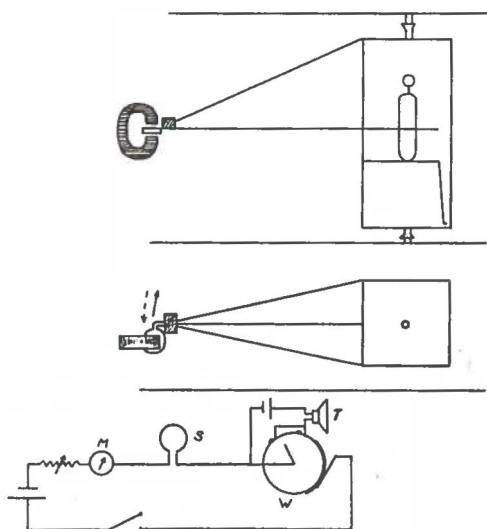


Fig. 13. Zij- en bovenaanzicht van de draaistoel voor bepaling van het minimum-perceptibile, benevens een eenvoudig schema van de bedieningsapparatuur.

onder de invloed van het magnetische veld opzij en brengt aldus de kist in een draaiende beweging. De versnelling hiervan is afhankelijk van de stroomsterkte door de spoel. De proefopstelling was nu zodanig gekozen, dat deze stroomsterkte door middel van een schuifweerstand kon worden versterkt of verzwakt. Een zeker aantal milli-ampères komt dus overeen met een bepaalde hoekversnelling. Door ijking was gevonden dat 200 mA overeenkwamen met $0,95^\circ/\text{sec}^2$.

Door de stroom te leiden over een koperen strip van bepaalde lengte, die op een met constante snelheid roterende worm (W) was aangebracht, kon de tijd gedurende welke de gegeven versnelling inwerkt, eveneens nauwkeurig bepaald worden en constant gehouden. Uit de proeven van *de Vries* was een tijd van 0.4 sec zeer geschikt gebleken en bij al onze proeven werd derhalve de tijd constant op 0.4 sec gehouden. Deviaties van de αT wet spelen hierbij slechts een ondergeschikte rol, terwijl tactiele gewaarwordingen uitgesloten kunnen worden geacht. De proefpersoon zit in een gemakkelijke houding in de kist met het hoofd licht voorover gebogen. We fixeerden het hoofd niet. De voorzijde van de kist wordt door een goedsluitend gordijn afgesloten. Door de proefleider kunnen nu in willekeurige volgorde ware en schijnbare prikkels worden gegeven. Bij de schijnbare prikkels wordt het gehele verloop van de proef volkomen gelijk gelaten; alleen de stroom door de spoel wordt uitgeschakeld. Alle andere omstandigheden zijn volmaakt identiek met die bij het toedienen van ware prikkels, zodat de proefpersoon uitsluitend uit het al- of niet- waarnemen van een draaigewaarwording kan opmaken of een hoekversnelling gegeven wordt of niet. Aan elke proef gaat een waarschuwingssignaal van 2 korte tikken vooraf (T).

Gewicht en spoel zijn door een laag rubber van de arm van de kist gescheiden, teneinde de voortgeleiding van mogelijke trillingen bij het toedienen van de hoekversnelling uit te sluiten. Het waarnemen van een draaigewaarwording of het uitblijven daarvan na het waarschuwingssignaal kan door de proefpersoon vrijwel direct worden aangegeven. Hij doet dit door middel van 2 drukknoppen in de draaikist, die een hoge en een lage toon van een toongenerator doen klinken, respectievelijk als antwoord op een wel of niet gevoelde draaiing. De proefleider brengt vervolgens de kist weer

langzaam in de uitgangsstand terug en een volgende proef kan beginnen. Wij verrichtten de proeven in series van ongeveer 75, waarvan $\frac{2}{3}$ ware en $\frac{1}{3}$ schijnbare prikkels, die gegeven werden in een volgorde, die bepaald werd door het toeval, door middel van een dobbelsteen. De aantekening der gegeven prikkels geschiedt zo, dat elke ware prikkel wordt weergegeven door een + teken, en elke schijnbare prikkel door een — teken. De resultaten van elke proef worden hieronder genoteerd, eveneens door een + of — teken. De volgende combinaties zijn dus mogelijk: +/+, +/—, —/— en —/+.

Hiebij vormen +/+ de goede en —/+ de beslist foute waarnemingen. Indien we nu voor de bepaling van de fractie waargenomen prikkels eenvoudig de foute van de goede waarnemingen zouden aftrekken, dan zou het resultaat een te pessimistische indruk geven. Immers, bij de +/+ antwoorden zijn een aantal wellicht bij toeval goed geraden, een aantal echter ook werkelijk waargenomen. Wij kunnen hiertoe een correctie toepassen met behulp van de formule: $x = \frac{\beta - \gamma}{1 - \gamma}$. Hierin stelt x de fractie werkelijk waargenomen prikkels voor, β is het aantal +/+ antwoorden en γ het aantal —/+ antwoorden. Bij het berekenen van het eindresultaat moeten we bovendien nog rekening houden met statistische fluctuaties op grond van het toeval. Hiertoe kunnen we van de formule van *Bernouilli* gebruik maken: $\sigma^2 = \bar{p} \bar{q} / N$. Hierin is N het aantal gegeven prikkels, \bar{p} de fractie der gemiddeld waargenomen prikkels en $\bar{q} (= 1 - \bar{p})$ de fractie, die aan de waarneming ontsnapt. De waarschijnlijkheid, dat de in de proeven gevonden fractie p der waargenomen prikkels meer van \bar{p} verschilt dan σ is dan $\frac{1}{3}$. Deze formule dienen we toe te passen, zowel voor de fractie +/+ prikkels als voor de fractie —/+ prikkels, (dus voor β en γ uit de eerstgenoemde formule). De werkelijke deviatie σ kunnen we dan tenslotte hieruit berekenen.

We verrichtten deze proeven op verschillende waarden van hoekversnelling wisselend tussen $0.079^\circ/\text{sec}^2$ en $1.663^\circ/\text{sec}^2$. De resultaten van deze proeven staan achter in dit proefschrift volledig weergegeven (tabel I, a, b en c). Fig. 14 geeft de grafische uitbeelding ervan. Hieruit is te zien dat het door *de Vries* geuite vermoeden, dat de curve door de oorsprong gaat en dat er dus

geen bepaald minimum-perceptibile is, volkomen wordt bevestigd. De door de Vries voor hemzelf en enkele proefpersonen gevonden curven hebben wij, na omrekening wat de tijd betreft, in deze grafiek geïnterpoleerd. Hieruit is zichtbaar, dat de door hem gevonden waarden fraai overeenstemmen met die van twee

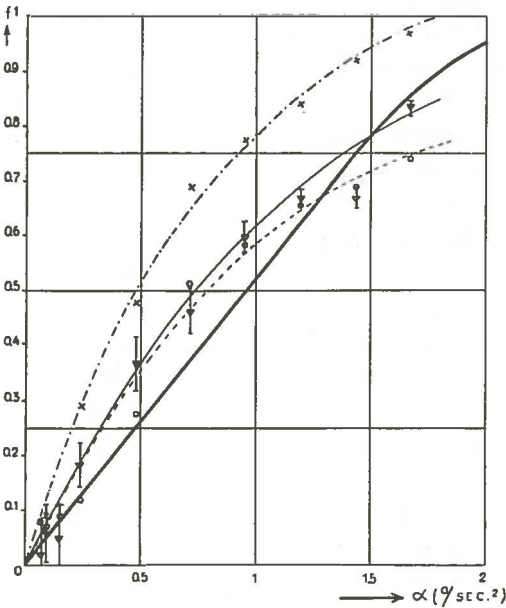


Fig. 14. Fractie waargenomen prikkels bij geringe hoekversnellingen. Curven van 3 normale proefpersonen:

- — ○ Proefpersoon A.
- ▽ — ▽ Proefpersoon B (in deze curve zijn de statistische fluctuaties aangegeven).
- X — .X Proefpersoon C.
- — — Curve gevonden door de Vries.

en 45° op de linker of rechter schouder geneigd. Ten einde een mogelijke invloed van de centrifugale versnelling bij deze excentrische posities na te gaan, hebben wij enkele series proeven verricht, waarbij het hoofd van de proefpersoon in de normale stand buiten de draaiingsas werd geplaatst. Het bleek, dat een invloed van deze excentrische posities, dus van de versnelling van de centrifugale kracht, niet aantoonbaar was. Aangezien het bij de prikkeling van de verticale kanalen ging

van onze proefpersonen. De derde heeft duidelijk een iets grotere gevoeligheid. Het zal opvallen, dat de deviaties van de gevonden waarden vrij aanzienlijk zijn. Dat dit het geval is, ondanks het zeer grote aantal proeven, toont aan, dat het aangeven van exacte meetpunten slechts een schijnbare nauwkeurigheid betekent.

In onze proeven hebben wij een serie prikkels ingevoegd, waarbij de proefpersoon een positie innam zodat een der verticale booggangsparen optimaal stond, dus met het hoofd 60° achterover

om het aantonen van mogelijke verschillen in prikkelbaarheid in vergelijk met de horizontale, had het weinig zin proeven te doen in het gebied der sterkere prikkels waar de curve een meer horizontaal verloop toonde; we verrichtten deze proeven derhalve bij versnellingen van 0.2 tot $0.7^\circ/\text{sec}^2$. We konden hierbij geen noemenswaard verschil aantonen tussen de gevoeligheid der 3 booggangsparen. D.w.z.: het verschil was niet groter dan de statistische fluctuaties, die wij bij de betreffende prikkelsterkte voor de horizontale booggangen aantroffen. Dit vormt dus een tegenstelling met de algemeen aanvaarde opvatting, dat de gevoeligheid der verticale booggangen aanzienlijk minder zou zijn dan die der horizontale. Deze opvatting is echter gebaseerd op rotatieprikkels van grote intensiteit en de daaropvolgende nystagmusduur. Hiermede wordt dus niets nagegaan betreffende het minimum-perceptibile. De *Vries* merkte reeds op — en wij konden dit volkomen bevestigen —, dat een zekere oefening in het waarnemen van de prikkels van veel betekenis is en dat het voorts opvallend is, dat bij een bepaalde prikkelsterkte de draaigewaarwording zó duidelijk kan zijn, dat men zich erover verbaast dezelfde versnelling een ogenblik later in het geheel niet te voelen. Dit kan voor een deel liggen aan schommelingen in aandacht en concentratie, doch naar aanleiding van de proeven van *Löwenstein* en *Sand*, die in rust van de geïsoleerde zenuwvezels van de *N. ampullaris* van de stekelrog een wisselend aantal actiepotentialen konden afleiden, zou men ook kunnen denken aan een alternerende prikkeling van die zintuigscellen die de geringste elektrische weerstand hebben. Vergelijken-derwijs kan men denken aan een vat, dat bijna tot de rand met vloeistof is gevuld en waarvan de inhoud in een voortdurende geringe golfbeweging verkeert. Worden nu door prikkeling van buiten af nieuwe golfbewegingen toegevoerd, dan zal bij zeer lichte schommeling een aantal der vloeistofgolven over de rand van het vat overvloeien (= waarneming), andere echter niet. Bij toename van de intensiteit der toegevoerde bewegingen zal het overvloeien frequenter plaats vinden, tot tenslotte elke beweging hiertoe aanleiding geeft. De *Vries* vond door berekening een energie voor het waarnemen der minimale draaiingen van een dusdanige grootte, dat bij een evenredige verdeling hiervan over het aantal aanwezige zintuigscellen van de crista de warmtebeweging der moleculen

reeds aanleiding zou geven tot een prikkeling. Hij concludeert o.a. hieruit, dat het meer waarschijnlijk is, dat de beschikbare energie op een klein aantal cellen wordt geconcentreerd.

Merkwaardig is voorts de waarneming van *de Vries* en van ons, dat de proefpersoon, indien hij tijdens de proeven in de geheel gesloten kist zijn ogen geopend houdt, de kist ziet bewegen. Dit verschijnsel treedt reeds bij zeer geringe hoekversnellingen op en moet berusten op een langzame oogdeviatie. Een volledige nystagmus treedt eerst op bij veel hogere intensiteiten van de versnelling. Dit ligt daaraan, dat de voor ons zo veel duidelijker waarneembare snelle phase van de nystagmus zich eerst bij sterkere prikkels aan de langzame deviatie aansluit. Wij hebben getracht deze langzame deviatie waar te nemen bij enkele proefpersonen die zeer goed in staat waren in een duister vertrek zonder het maken van onwillekeurige oogbewegingen in de verte te kijken door de bril van *Frenzel*. Het was ons echter niet mogelijk deze deviaties met zekerheid waar te nemen bij versnellingen kleiner dan $3-4^\circ/\text{sec}^2$. Met behulp van een gevoelige nystagmograaf zou dit zeer waarschijnlijk wel mogelijk zijn.

De proeven, die *de Vries* uitvoerde met betrekking tot de geldigheid van de z.g. αT wet zijn ook in zoverre van betekenis, dat zij aantonen, dat het niet als juist kan worden aanvaard om bij een stoptijd van ongeveer 1 seconde de waarneembaarheid onafhankelijk te stellen van die stoptijd. Ook aan de door ons uitgevoerde klinische bepalingen van de sensatieduur en van de nystagmusduur kleeft deze fout. Bij kleine prikkelsterkten zal deze fout het duidelijkst tot uiting komen. De bepaling van de juist optredende draaigewaarwording na het stoppen van een rotatie met geringe eenparige hoeksnelheid heeft behalve de niet exact bekende, doch te lange stoptijd bovendien nog het nadeel van een, door de ademhaling en geringe onwillekeurige bewegingen tijdens de rotatie veroorzaakte storing, die er oorzaak van is dat men nooit uitgaat van een werkelijk in rust verkerende endolymph. Het lijkt dan ook op grond hiervan beter om, uitgaande van de rusttoestand, een bekende versnelling gedurende een bekende tijd toe te dienen. Op aanwijzingen van *de Vries* hebben wij daartoe aan de draaistoel in de kliniek een eenvoudig versnellingsmechanisme aangebracht (fig. 15). Op een licht draaibare as, in het verlengde van de as van de

draaistoel, werd een arm aangebracht, waarvan het uiteinde dezelfde boog beschrijft als de arm van de draaistoel. Deze arm wordt door middel van twee naar weerszijden gespannen spiraalveren in een bepaalde stand gehouden. Op één der armen van de draaistoel is een pal gelast, die naar boven kan worden bewogen en in deze stand gefixeerd. Onder aan de beweegbare verende arm is een stift aangebracht, waarvan het ondereinde enkele cm voorbij de boven-

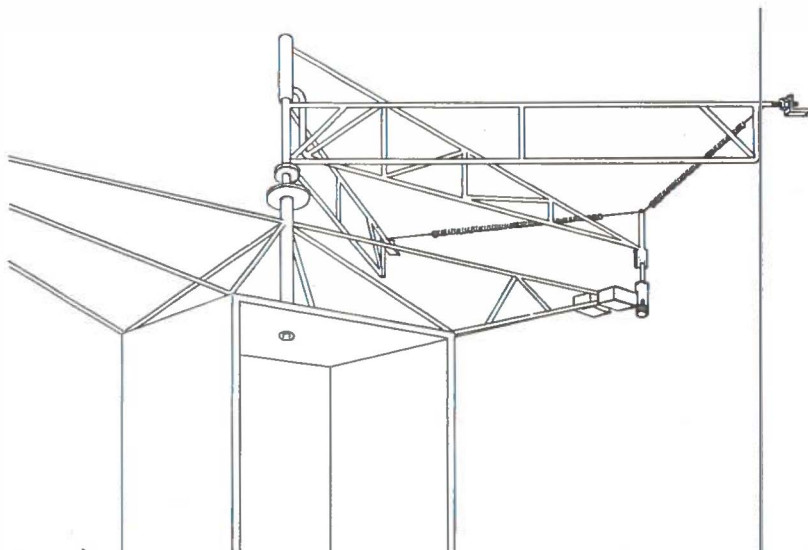


Fig. 15. Versnellingsmechanisme op de draaistoel.

genoemde pal reikt, indien deze laatste is uitgestoken. Indien de verende arm zijwaarts wordt bewogen, terwijl de pal aan de arm van de draaistoel tegen de stift wordt gehouden, dan wordt deze stift met een door de veren bepaalde kracht naar de evenwichtsstand van de arm getrokken. Deze kracht is evenredig met de spanning — dus de uitrekking — van de veer. Indien we bij een bepaalde spanning de arm loslaten, zal deze de pal en daarmee de draaistoel in een eenparig versnelde beweging meenemen. Na het passeren van de middenstand zal de verende arm een eenparig vertraagde beweging gaan uitvoeren en dus los komen van de draaistoel-arm. De draaistoel zal daarna een praktisch eenparige beweging blijven uitvoeren. We stelden de slinger-tijd van het gehele systeem (dus verende arm + draaistoel), die

onafhankelijk van de mate van uitrekking van de veer constant blijft, op 2.8 sec vast. Dit werd gedaan door de arm van de kist aan de stift van de verende arm vast te maken. De tijd, gedurende welke de versnelling op de draaistoel inwerkt, is dus $\frac{1}{4}$ slingertijd, = 0.7 sec. Uit de trillingstijd van het gehele systeem (2.8 sec) en de lengte van de verende arm (167 cm) laat zich berekenen dat elke cm uitwijking van de arm overeenkomt met een versnelling van $1.1^\circ/\text{sec}^2$ en een eindsnelheid van de draaistoel van $0.75^\circ/\text{sec}$. Langs de boog, die het einde van de arm beschrijft, werd een schaalverdeling aangebracht met een verschuifbaar stootblokje. Op deze wijze was het mogelijk aan de draaistoel bekende versnellingen, variërende van 1.1 tot $16.1^\circ/\text{sec}^2$ gedurende een constante tijd van 0.7 sec toe te dienen. Met deze opstelling gingen wij bij 16 normale proefpersonen het minimum-perceptibile na en we stelden dit gemiddeld vast op een versnelling van $3^\circ/\text{sec}^2$, hetgeen bij de tijd 0.7 sec een hoeksnelheid van $2.3^\circ/\text{sec}$ betekent. Dit verschilt derhalve niet veel van de in Utrecht gevonden waarden. De Vries vond — en wij bevestigden dit voor onze proefpersonen — dat een volledige waarneming (fractie 1) der toegediende prikkels bereikt wordt bij een eindsnelheid van ongeveer $1^\circ/\text{sec}$. In de draaistoel in de kliniek bereikten wij met 2 van de proefpersonen met wie wij de proeven in de draaistoel in het natuurkundig laboratorium uitvoerden deze fractie 1 ook bij een snelheid van deze grootte. Hieruit blijkt dus, dat de gevonden hogere waarden bij de 16 proefpersonen niet zijn toe te schrijven aan de gebruikte apparatuur, doch geheel aan de mate van oefening, waardoor het minimum perceptibile dus aanzienlijk daalt.

Merkwaardig is in dit verband de vondst van *Krijger*, die bij een in de Utrechtse kliniek bij piloten uitgevoerd onderzoek juist vond, dat bij hen bij toename van het aantal vliegreuen (en dus bij toename in oefening en ervaring) een stijging van het minimum-perceptibile en een vlakker verloop van de sensatiecurve optreedt. Naar onze mening is dit een sterk argument voor het aanvaarden van centrale (corticale) invloeden. Voor piloten vormen immers de van het vestibulaire orgaan uitgaande gewaarwordingen bedriegelijke en dus gevaarlijke informaties met betrekking tot de stand van het vliegtuig in de ruimte en met toenemende oefening en ervaring zullen zij steeds meer aanleren deze gewaarwordingen uit te schakelen.

HOOFDSTUK IV.

Historisch overzicht betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van calorische prikkels.

Dat het indruppelen van koude of snel verdampende vloeistoffen in de gehoorgang bij mensen en dieren aanleiding geeft tot reacties als valneiging, nystagmus en nausea was reeds omstreeks het midden van de 19e eeuw bekend. Als ervaringsfeit bij het uitspoelen van oren bij patienten is het waarschijnlijk al veel eerder waargenomen. *Brown Sequard* noemt deze verschijnselen in 1860. *Schmiedekam* ging bij zichzelf de verschijnselen na, die optraden indien hij koud pompwater door één der gehoorgangen liet stromen. De verklaring hiervan werd door *Hensen* gezocht in een prikkeling van de N.vagus. *Hitzig* verrichtte bij konijnen extirpaties van verschillende delen van het cerebellum. Indien hij in de operatie-holten stukjes ijs bracht, zag hij bij het proefdier schuddende kopbewegingen en een heftige oognystagmus optreden. Hoewel hierbij vrij zeker een prikkeling der cristae was opgetreden, zocht *Hitzig* deze verschijnselen te verklaren door een directe invloed op het C.Z.S. Een dergelijke opvatting werd later nog door *Baginsky* verdedigd op grond van zeer ruwe proeven. *Breuer* beschrijft in 1889, dat prikkeling van een booggang, zowel door koude als door warmte, een kopbeweging opwekt in het vlak van deze booggang. Hij laat echter de vraag onbeantwoord of het hier een prikkeling van de zenuwuiteinden dan wel een endolymphbeweging betreft.

Bárány geeft in dezelfde publicatie, waarin hij in 1906 het onderzoek van het vestibulaire apparaat bij de mens door middel van rotatoire prikkels beschrijft, als eerste een zuiver fysische theorie over de werking van de calorische prikkel. *Bárány* beschrijft, hoe bij het uitspuiten van de gehoorgang van een rechtopzittende proefpersoon met koud water een nystagmus optreedt van horizontaal-rotatoir karakter, gericht naar de niet-uitgespoten zijde. Neemt men water van een temperatuur boven die van het lichaam, dan slaat de nystagmus in de richting van het uitgespoten oor. Plaatst

men de proefpersoon zodanig, dat zijn kruin naar beneden is gericht, dan verkrijgt men een nystagmus, die met koud water is gericht naar de uitgespoten, met warm water naar de niet-uitgespoten zijde. De calorische nystagmus blijkt dus afhankelijk te zijn van de temperatuur van het water (onder of boven die van het lichaam) en van de stand van het hoofd. Indien men water neemt van gelijke temperatuur als die van het lichaam, dan treedt geen nystagmus op, hoe ook de stand van het hoofd is. Op grond van deze verschijnselen en op grond van de waarneming, dat bij trommelveesperforaties en radicale operatie-holten de reacties op calorische prikkels veel sneller en vaak heftiger optreden, kwam *Bárány* tot de gevolgtrekking, dat het bij de calorische prikkeling moest gaan om een directe invloed op de booggang en wel om een vloeistofstroom ten gevolge van locale afkoeling of verwarming.

Indien men zich de booggangen voorstelt als gesloten, ringvormige, met vloeistof van 37° gevulde systemen, dan zal een afkoeling op één punt hiervan een soortelijk zwaarder-worden van de vloeistof tengevolge hebben, die dus omlaag zakt. Omgekeerd heeft een locale verwarming een soortelijk lichter-worden en een opstijging ten gevolge. Deze vloeistofbeweging kan het sterkst optreden, indien het kanaal verticaal staat, echter in het geheel niet, indien dit zuiver horizontaal gericht is. Het resultaat van de endolymphbeweging die aldus wordt opgewekt hangt er van af of de ampul boven of onder het afgekoelde of verwarmde deel van de booggang geplaatst is; bij plaatsing van de ampul boven het verwarmde deel van de booggang treedt een ampullopetale stroom op, indien de ampul lager gelegen is dan het verwarmde deel van de booggang zal de endolymphestroom ampullofugaal zijn. Bij prikkeling met koud water is het omgekeerde het geval. *Bárány* vond, dat de optredende nystagmus bij prikkeling met koud en warm water en bij verschillende hoofdstanden zeer goed overeenkwam met de op grond van deze theorie te verwachten endolymphestroom in de verschillende kanalen.

Voor de practische uitvoering van de proef gaf *Bárány* de volgende richtlijnen: De patient kan onderzocht worden in liggende of in rechtopzittende positie. De gehoorgang wordt door middel van een koepelholtecanule die aan een *Pollitzerballon* is

verbonden geïrrigeerd met een ruime hoeveelheid water, waarbij men begint met een temperatuur van 30° en de proef zonodig herhaalt met water van 20°. De horizontale kanalen worden geprikkeld indien men het hoofd rechtop houdt, de verticale kanalen, indien het hoofd in iets voorovergebogen positie op de tegenovergestelde schouder wordt gebogen. Over de te gebruiken hoeveelheid water en over de duur van de irrigatie spreekt *Bárány* niet. Hij zag de calorische prikkeling als een kwalitatief onderzoek.

In korte tijd is het calorische onderzoek door otologen en neurologen algemeen aanvaard op grond van het grote voordeel om elk labyrint afzonderlijk te kunnen onderzoeken. Verschillende modificaties in de techniek zijn echter in de loop der jaren aanbevolen.

In 1911 gaf *Brünings* een beschouwing over de calorische nystagmus, waarbij hij trachtte te komen tot een nauwkeurige quantitatieve onderzoekingsmethode. *Brünings* vond bij zijn onderzoek, dat er een aantal posities zijn waarbij de opgewekte nystagmus maximaal sterk is, andere waarbij deze integendeel vrijwel niet optreedt. Hij sluit zich wat de ontstaanswijze betreft geheel aan bij *Bárány*, doch is van mening, dat het innemen van nauwkeurig aangegeven posities conclusies toelaat met betrekking tot de prikkelbaarheid van bepaalde, in die positie maximaal geprikkelde kanalen. Indien hij de proefpersoon zó plaatst dat de bovenrand van de jukboog met het horizontale vlak een naar vóór en beneden open hoek van ongeveer 25° maakt, dan treedt vrijwel geen nystagmus op (1e „pessimum”-positie). Een in andere stand van het hoofd opgewekte nystagmus kan in deze positie prompt tot verdwijnen worden gebracht. Plaatst men daarentegen de proefpersoon zó, dat het hoofd uit de rechtopzittende positie 60° achterover wordt gebogen, dan treedt een zeer duidelijke en vrijwel horizontaal gerichte nystagmus op, die afhankelijk van de temperatuur van het water onder of boven die van het lichaam respectievelijk gericht is naar de hetero- of homolaterale zijde (1e „optimum”positie). Dezelfde „pessimum” en „optimum” posities kunnen worden bereikt indien de proefpersoon ten opzichte van de beschreven posities precies 180° wordt gedraaid om de bitemporale as, dus uit de rechtopzittende positie 120° voorover of 150° achterover. Een extra-versterking van de aldus opgewekte nystagmus kon

Brünings nog bereiken door de proefpersoon uit de positie met het hoofd 60° achterover, bovendien 45° met het hoofd te neigen naar de geprikkelde zijde. In deze positie wordt n.l. de verticaal gestelde horizontale booggang of de meest voordelige wijze door de voortschrijdende temperaturgolf getroffen (2e „optimum“-positie). Indien men het hoofd 45° neigt naar de niet-uitgespoten zijde, worden volgens *Brünings* juist de verticale kanalen maximaal geprikkeld en het horizontale slechts in geringe mate.

Voor de practische uitvoering van het calorische onderzoek ging *Brünings* ervan uit, dat men quantitatief kan werken indien de hoeveelheid water, de stroomsnelheid en de temperatuur nauwkeurig bekend zijn. Hij gebruikte hiertoe een vat, waaruit, door toepassing van het principe van *Mariotte*, met constante snelheid water stroomt van een bekende temperatuur. Door een dubbelloopsanule wordt het water, na door de gehoorgang te zijn geleid opgevangen in een gecalibreerd vat. *Brünings* mat nu de hoeveelheid water, die nodig is om een nystagmus op te wekken. Hij irriteerde dus de uitwendige gehoorgang tot het moment, waarop de eerste nystagmuslag zichtbaar wordt. Bij verschillende temperaturen (27° C en 20° C) ging hij bij een serie normale proefpersonen na hoe groot deze hoeveelheid water is. Door het invoeren van verhoudingsgetallen kwam hij tot bepaalde waarden voor de prikkelbaarheid. *Brünings* trachtte dus uit de latentietijd de mate van prikkelbaarheid van de horizontale booggang te bepalen. Aan de duur van de nystagmus hechtte hij geen grote waarde, aangezien hierop te veel andere (centrale) factoren van invloed zouden zijn. Wij zullen later zien welke bezwaren bestaan tegen het trekken van conclusies uit de latentietijd. Door *Kobrak* werd in 1920 een modificatie aanbevolen, die vooral belangrijk is, omdat hierbij voor het eerst getracht werd het labirynth, in tegenstelling met de tot dusverre gebruikelijke sterke prikkels, door middel van *minimale* prikkels te onderzoeken. *Kobrak* was van mening, dat met deze zwakke prikkels veel betere en nauwkeuriger meetbare resultaten werden bereikt. Het viel hem o.a. op, dat in vele gevallen de nystagmus na een zwakke prikkel veel duidelijker en langer van duur is dan na een sterke prikkel. Door de sterke prikkel wordt de reactie a.h.w. „overstroomd“. *Kobrak* hechtte vooral waarde aan de geringste prikkel, die nog in staat is een nystagmus op te wekken en hij lette hierbij op de tijd,

die verloopt tussen het toedienen van de prikkel en het optreden van de nystagmus. Evenals *Brünings* achtte hij het bepalen van de duur en de intensiteit van de nystagmus van weinig waarde. Voor de uitvoering van het onderzoek gaf *Kobrak* aan, te beginnen met 5 cc of hoogstens 10 cc water van 27° C, die ingespoten worden in 3 seconden en daarna te letten op de eerste oogbeweging (en eventueel de intensiteit en de duur der slagen). De oogbewegingen blijven vaak beperkt tot een enkele langzame deviatie, waaraan zich de snelle phase niet aansluit. Juist in deze mogelijkheid om ook de geringste reacties te kunnen waarnemen zag *Kobrak* het voordeel van zijn methode. Gelukte het niet, of in zeer geringe mate, om met water van 27° een reactie op te wekken, dan prikkelde hij na enkele minuten het oor met een gelijke hoeveelheid water van 23° of 20°. Indien het ook hiermee niet gelukte een nystagmus op te wekken, dan prikkelde hij met water van een lagere temperatuur, eventueel met ijswater.

De Kleyn en *Versteegh* bevelen met enkele kleine modificaties dezelfde methode aan. Zij onderzoeken de patient in de 1e optimumpositie van *Brünings* en spuiten de gehoorgang in de richting van het boven-achterkwadrant van het trommelveel uit met 5 cc water van 35° C. Indien hierbij geen nystagmus optreedt, wordt eerst de hoeveelheid water vergroot tot 10 cc en daarna zo nodig de temperatuur lager gekozen met intervallen van 5° tot een nystagmus optreedt. Is het met 5 cc ijswater niet mogelijk een nystagmus op te wekken, dan wordt geprikkeld met 50 cc ijswater. Hetzelfde onderzoek wordt uitgevoerd met water boven de lichaamstemperatuur. Hiertoe wordt begonnen met 5 cc water van 50° C en, geleidelijk dalend in temperatuur, nagegaan wanneer geen nystagmus meer kan worden opgewekt. *De Kleyn* en *Versteegh* letten zowel op de latentietijd, als op de duur en de frequentie van de nystagmus. *De Kleyn* wees er bij herhaling op, dat het noodzakelijk is, zowel met koud als met warm water te prikkelen, aangezien het mogelijk is om ook bij een volledig onprikkelbaar labyrint door prikkeling met koud water een nystagmus op te wekken naar de niet uitgespoten zijde, die echter bij positieverandering niet van richting verandert. Op dit feit wees in 1917 reeds *Urbantschitsch*. Indien men met warm water prikkelt, blijft de

eventueel opgewekte nystagmus eveneens te slaan in de richting van het niet uitgespoten oor.

M. H. Fischer en zijn leerlingen *Veits*, *Arslan*, *Woletz* e.a. hebben over de calorische nystagmus zeer veel werk verricht. Zij trachtten in navolging van *Brünings* nauwkeurig die posities te bepalen, waarbij prikkeling generlei nystagmus opwekt en kwamen op grond hiervan tot het aannemen van z.g. absolute indifferente posities. *Veits* ging dit uitvoerig na aan cadavers door middel van temperatuurmetingen met thermo-elementen en aan enkele patienten met verse operatieholten na mastoid-operaties, waarbij kleine loodreepjes langs de horizontale booggang werden geplaatst. Op deze wijze kon hij de horizontale positie van dit kanaal röntgenologisch nauwkeurig controleren. Bij deze stand zag hij geen nystagmus optreden. Grote waarde hechtten *Fischer* en zijn medewerkers aan de sensaties, die zij bij zichzelf waarnamen bij calorische prikkeling. Indien zij een zodanige positie kozen, dat het horizontale kanaal niet wordt geprikkeld, voelden zij zeer geringe neiging tot voor- of achterwaartse beweging afhankelijk van de temperatuur van het gebruikte water. Deze sensaties hielden lang aan. Zij zochten de oorzaak hiervan in centrale invloeden en achtten het op grond van de lange duur van deze sensaties raadzaam om tussen twee achtereenvolgende prikkelingen lange tijd te wachten. Ook bij gelijktijdige prikkeling van beide labyrinthen met gelijke hoeveelheden water van gelijke temperatuur namen zij deze pro- en retropulsieneiging waar. *Fischer* hechtte aan de latentietijd, zoals deze met de methode van *Brünings* wordt gemeten niet veel waarde, aangezien hierbij een belangrijke factor wordt gevormd door de tijd, die nodig is voor de temperatuur-overdracht door de media, die het labyrinth van het trommelvlies scheiden. Dit bezwaar meende *Veits* te kunnen ondervangen. Hij prikkelde het labyrinth met 10 cc water van 20° C, terwijl het hoofd 15—20° voorovergebogen is. Hierbij staat de horizontale booggang volgens de onderzoekingen van *Schönemann* practisch horizontaal en daarin treedt dus geen endolymphestroming op. Nadat de gehoorgang is geïrrigeerd wordt het hoofd gedurende 1 minuut in deze positie gehouden en daarna in 20 seconden 90° achterover gebracht (dus in de 1e optimum positie van *Brünings*). Gedurende de wachttijd van 1 minuut is de temperatuurgolf van het trommelvlies via de trommel-

holte en de benige „antrum-brug” naar het labyrint voortgeschreden en heeft bij de booggang een maximale temperatuurverandering teweeggebracht. Na het innemen van de optimale positie van de horizontale booggang kan de tot stand gekomen temperatuurverandering onmiddellijk zijn volle invloed ontplooien en de latentietijd, die men nu meet is volgens *Veits* uitsluitend afkomstig van het labyrint en zijn centrale verbindingen. Deze methode heeft o.a. in *Arslan* een enthousiast verdediger gevonden.

In de laatste jaren is een nieuwe modificatie aangegeven door *Hallpike*. Hij gaat er van uit, dat bij de bepaling van de verschillende componenten van de calorische nystagmus latentietijd, intensiteit en frequentie der slagen van weinig betekenis zijn, doch dat daarentegen de nystagmusduur het meeste inzicht geeft in de vestibulaire functie. Hij raadt aan om in de liggende positie van de patient met het hoofd 30° boven het horizontale vlak (dus wederom in de 1e optimale positie van *Brünings*), achtereenvolgens beide labyrinten te prikkelen met 1 pint (=567 cc) water van respectievelijk 30° C en 44° C, die door de gehoorgang worden gevoerd in 40 sec. Tussen de 4 proeven acht *Hallpike* een tijdsverloop van 5 à 6 minuten voldoende, om de invloed van een vorige prikkel uit te schakelen. Voor het waarnemen van de nystagmus gebruikt *Hallpike* geen bril, doch hij laat de patient een aan het plafond van het vertrek gemarkeerd punt fixeren. In 70 % der gevallen is de nystagmus na prikkeling met koud water van langere duur dan die na prikkeling met warm water. Voor de registratie van de gevonden nystagmusduur geeft *Hallpike* een bijzonder overzichtelijk diagram aan.

In een fundamenteel onderzoek heeft *Jongkees* nagegaan, welke de invloed is van de factoren, die door verschillende auteurs als belangrijk werden aangemerkt. Na eerst te hebben betoogd, dat van de verschillende nystagmus-componenten slechts de duur bij herhaling van de proef onder gelijke omstandigheden vrijwel constant blijft en dat dit de belangrijkste component is met betrekking tot de functie van het vestibulaire orgaan, ging hij achtereenvolgens de invloed na van de positie van de proefpersoon, de hoeveelheid en de temperatuur van het water en van de richting van de waterstroom op het trommelylies. De positie van de proefpersoon blijkt buiten een nauwe zone, waarin geen nystagmus wordt opgewekt

en die gelegen is in het gebied, waarin de rechtopzittende proefpersoon het hoofd ongeveer 20—30° voorovergebogen houdt van zeer geringe en te verwaarlozen invloed te zijn op de nystagmusduur.

De intensiteit van de nystagmus leek het grootst in de 1e optimale positie van *Brünings*, (door *Jongkees* bereikt door het hoofd van de liggende proefpersoon 30° boven het horizontale vlak te brengen). Deze positie is voor patienten zeker ook het gemakkelijkst. Positieveranderingen tijdens het uitvoeren van de proef, zoals die door *Veits* werden aanbevolen geven aanleiding tot belangrijke storende verschijnselen, waarop wij verderop nader zullen ingaan. *Jongkees* vond voorts, dat de hoeveelheid water vrijwel niet van invloed is op de nystagmusduur. Hoogstens is de nystagmus, die opgewekt wordt met kleine hoeveelheden water wat minder intensief en wordt daardoor gemakkelijk gestoord door onwillekeurige oogbewegingen. *Jongkees* beveelt daarom het gebruik van een matige hoeveelheid water aan (50 cc). De temperatuur van het water is van zeer grote invloed en wel in dien zin, dat een gering verschil met de lichaamstemperatuur relatief een veel grotere invloed heeft dan een groot verschil. Zodra het temperatuurverschil meer bedraagt dan 5° neemt de nystagmusduur slechts zeer weinig toe.

Dit geldt zowel voor temperaturen boven als onder die van het lichaam. In overeenstemming met *Hallpike* vindt *Jongkees*, dat warm water in het algemeen een kortere nystagmus opwekt dan koud water van een gelijk verschil met de lichaamstemperatuur. De temperatuurinvloed illustreert *Jongkees* in een zeer overzichtelijk diagram. Op grond van deze waarnemingen adviseert hij water te gebruiken van een temperatuur die duidelijke verschijnselen teweeg brengt, doch tevens in dat gebied te werken, waar kleine temperatuur-fluctuaties geen invloed van betekenis hebben. Aan deze eisen wordt zeer goed voldaan door de temperaturen, die *Hallpike* aanraadt n.l. 30° C en 44° C. Men werkt dan bovendien met een matige prikkel, die in het algemeen bij patienten geen onaangename verschijnselen als nausea en braken opwekt.

Bij het gebruik van 50 cc water van deze temperaturen kon *Jongkees* geen invloed aantonen van de richting van de vloeistofstroom of van aanwezigheid, niet te grote cerumenproppen. Het komt er onder

deze omstandigheden slechts op aan, dat het trommelvlies door het toegevoerde water wordt bereikt en dat een temperatuur-overdracht op het rotsbeen kan plaats vinden. *Jongkees* meet de nystagmus-duur van het ogenblik af, waarop de spoeling wordt beëindigd en laat de latentietijd geheel buiten beschouwing. In tegenstelling tot *Hallpike* acht hij het gebruik van de bril van *Frenzel* een beslist voordeel.

Na aldus de bekendste methoden van calorische prikkeling te hebben beschreven, zullen wij nagaan, welke meningen omtrent het ontstaan van de calorische nystagmus naar voren zijn gebracht. Hierbij zullen wij in het bijzonder ingaan op de bezwaren, welke tegen de theorie van *Bárány* zijn ingebracht en de argumenten bespreken, die voor de juistheid ervan pleiten.

Kobrak meent, dat niet locale temperatuurveranderingen aan de booggang, doch vaatreacties de nystagmus opwekken. De perifere vaten van het labyrinth zouden onder invloed van de koude calorische prikkel contraheren, de meer centrale daarentegen dilateren. Deze vaatreacties zouden een endolymphestroom ten gevolge hebben. Een van zijn argumenten hiervoor is de genoemde sterkere reactie op een zwakke dan op een intensieve prikkel. Hoewel een zekere invloed van vaatreacties niet uitgesloten kan worden en ook op verschillende gronden aannemelijk lijkt, is het toch zeer onwaarschijnlijk, dat deze de enige oorzaak van de calorische nystagmus zouden vormen. In de eerste plaats wordt de omkering van de nystagmusrichting onder invloed van positieveranderingen hierdoor niet verklaard. In de tweede plaats zou een pharmacum als adrenaline met een sterk vaatcontraherende werking dan een duidelijke invloed moeten hebben. *Grahe* kon echter, indien hij door bestaande trommelvliesperforaties de koepelholte met adrenaline-oplossingen op lichaamstemperatuur spoelde, geen nystagmus opwekken. Andere onderzoekers, zoals *Bartels* en *Brunner* achtten de temperatuurverschillen, die met name door de minimale prikkels volgens de methode van *Kobrak* teweeg zouden worden gebracht te gering, om een daardoor opgewekte endolymphestroming te verklaren. Om die reden achtten zij een directe prikkeling van de zenuweindigingen van de N.vestibularis aannemelijker. Dit argument is echter door de experimenten van *Maier* en *Lion*, *Steinhausen*, *Meurman*, *Dohlman* en vooral door de

metingen en berekeningen van *Schmaltz* wel afdoende ontzenuwd. *Maier* en *Lion* en later *Steinhausen* konden de endolymphenbewegingen en de cupuladeviaties onder invloed van calorische prikkels ad oculos demonstreren, terwijl *Meurman*, *Dohlman* en *Schmaltz* aan cadavers en aan patienten na mastoid-operaties de voortschrijdende temperatuurgolf door het rotsbeen met behulp van thermoelementen konden registreren. *Schmaltz* verbond aan zijn metingen uitvoerige berekeningen, die met de gevonden feiten uitnemend in overeenstemming bleken te zijn. Zo bleken de pulsireflexen van *Fischer* en *Veits* zeer goed verklaard te kunnen worden door een prikkeling van de verticale kanalen. Ook de omkering van de nystagmus, die gedurende een langdurige calorische prikkeling met koud water vrij vaak optreedt, kon ongedwongen verklaard worden door het aantonen van een nivelleren van de temperatuurdaling door de bloedstroom in meer lateraal gelegen delen, terwijl centraal nog een afkoeling bestaat. Hierdoor keert de endolymphenstroming om.

Borries vond bij doorsnijdingsproeven bij duiven, dat het mogelijk was om, enige tijd na het uitschakelen van alle drie booggangen aan één zijde, toch nog een calorische nystagmus op te wekken, die de normale omkering vertoonde onder invloed van temperatuurverandering onder of boven de lichaamstemperatuur of van positieverandering. Mede op grond van andere verschijnselen, zoals het somtijds optreden van paradoxe reacties (wel calorische, doch geen rotatoire prikkelbaarheid) en veranderingen in de nystagmusrichting bij zijligging, meende hij dat de booggangen, hoewel deze wellicht een zekere invloed zouden hebben op de calorische nystagmus, toch voor het optreden ervan ontbeerd konden worden. De belangrijkste oorzaak van de calorische nystagmus zocht *Borries* in een prikkeling van de otolithen.

Deze merkwaardige vondst bij de duif werd door vele onderzoekers nagegaan, doch slechts door *Fuyimori* bevestigd. Ook *Huizinga* kon bij de duif na doorsnijding van alle booggangen aan één zijde geen nystagmus meer opwekken door calorische prikkels. De duif is echter geen geschikt proefdier voor calorische proeven. Het uitschakelen van alle booggangen met intact laten van de utriculus is bovendien een experimentele opdracht, die uitermate lastig is uit te voeren. *De Kleyn* en *Lund* konden omgekeerd

bij konijnen door centrifugeren de otolithen van de maculae afslingeren en de booggangen intact laten. Zij zagen daarna geen stoornis in de calorische reacties optreden. *Borries* voerde hiertegen echter aan, dat niet de otolithen, doch de zenuwelementen der maculae (die bij deze experimenten intact bleven) voor de reactie aansprakelijk dienen te worden gesteld. Een nystagmus door utriculus-prikkeling is echter experimenteel nog nooit aangetoond.

Een mededeling van *Passe*, waarvan *Jongkees* melding maakt, verdient echter in dit verband de aandacht: *Passe* zag bij lijders aan het syndroom van *Menière*, bij wie hij de horizontale booggang door electrocoagulatie uitschakelde, nog een normale calorische reactie optreden. Hoe dit ook zij, er is geen andere theorie, die de verschijnselen van de omkering van de nystagmus onder invloed van temperatuurveranderingen en positiewisselingen zó goed verklaart als die van *Bárány*. Andere verschijnselen moeten echter wel een rol spelen. Zo blijkt de opvatting van *Fischer* en *Veits*, volgens welke de omslag in de nystagmusrichting plaats vindt op twee punten die nauwkeurig 180° verschillen niet juist te zijn. *Behrmann* ging bij een aantal proefpersonen de nystagmusrichting na in verschillende posities. Hij plaatste de proefpersoon daartoe op de standstoel van *Grahe* en prikkelde het labyrinth calorisch in telkens andere posities, door draaiing om de binaurale as. Hij vond hierbij, dat er twee nauwe gebieden van ongeveer 10° zijn, waarbij praktisch geen nystagmus is op te wekken, met daarboven en daaronder een zone, waarin de nystagmus na prikkeling met koud water in de heterolaterale, respectievelijk homolaterale richting slaat. Het bovenste nystagmusgebied bleek 192° te bestrijken, het onderste 146° . Indien uitsluitend de thermische endolymphestroom van invloed was, zouden beide zones waarin een nystagmus wordt opgewekt, gelijk van grootte moeten zijn en de omslagpunten precies 180° verschillen. *Jongkees* herhaalde deze proeven en kon ze volkomen bevestigen. *Jongkees* vestigde er bovendien de aandacht op, dat buiten de indifferente zones de nystagmus vrijwel gelijk van duur is in elke stand waarin geprikkeld wordt. Er zijn nog meer feiten, die het bestaan van andere invloeden waarschijnlijk maken. Wij noemden reeds de mogelijkheid om een heterolaterale nystagmus op te wekken in gevallen van een niet-functionnerend labyrinth. *Thielemann* kon het optreden van de nystagmus tegengaan door

het cocaïnizeren van de uitwendige gehoorgang. *De Kleyn* en *Versteegh* konden de opgewekte calorische nystagmus door prikkeling van het neusslijmvlies beïnvloeden en *Hennebert* bereikte hetzelfde door tijdens en na de calorische prikkeling de huid van het gelaat af te koelen of mechanisch te prikkelen. De calorische prikkeling geeft bij normale proefpersonen een draaigewaarwording in de richting van de snelle nystagmusphase. Deze gewaarwording treedt echter vaak eerst bij vrij sterke prikkels op, in tegenstelling tot de draaigewaarwording bij rotatoire prikkels, die reeds bij prikkels optreedt waarbij nog geen nystagmus zichtbaar is. *Blumenthal* zag na inspuiten van adrenaline de calorische nystagmus vrijwel geheel verdwijnen.

Een deel van deze feiten kan door het aannemen van een vasculaire invloed zeer goed verklaard worden.

Crabbé somt in een critische studie over de techniek van het onderzoek van het vestibulaire orgaan een serie voorbeelden op van de invloed die het sympathische en parasympathische systeem hebben op de vestibulaire nystagmus. *Jongkees* bepaalde bij een 60-tal normale proefpersonen de nystagmusduur na prikkeling met water van 30° C en 44° C. Hij vond bij grafische weergave van de duur tegen het aantal proefpersonen, dat de hierbij verkregen curve voor de nystagmusduur na warm-water-prikkeling een binominaal verloop te zien gaf, doch dat dit verloop niet optrad bij de curve van de koud-water-nystagmus. Enkele proefpersonen liet hij amyl-nitriet inademen en na het optreden van een sterke vasodilatatie aan het gelaat zag hij, dat het oorspronkelijk bestaande overwicht van de koud-water-nystagmus over de warm-water-nystagmus verdween. In de omgekeerde positie (met het hoofd naar beneden) zag hij wederom voor de warm-water-nystagmus in de curve een binominaal verloop en een niet-binominaal verloop voor de koud-water-nystagmus. De duur van de koud-water-nystagmus was nu echter gemiddeld korter dan die van de warm-water-nystagmus. Dit wijst op een mogelijke vasculaire, zeker echter op een extra-vestibulaire invloed. *Jongkees* acht deze vasculaire invloed het grootst bij de prikkeling met koud water en in de omgekeerde posities. Hieraan meent hij ook het door *Behrmann* en door hem gevonden verschil in grootte tussen de sectoren van de heterolaterale en homolaterale nystagmus te moeten toeschrijven.

Daarnaast kan wellicht nog een invloed uitgaan van de sensibele zenuw-eindigingen in de uitwendige gehoorgang. Hieraan zou de mogelijkheid om bij een niet-functionnerend labyrinth een heterolaterale nystagmus op te wekken kunnen worden toegeschreven, evenals aan de door *Kobrak* beschreven invloed van een druk op de tragus. *Jongkees* toonde de invloed aan, die uitgaat van de uitwendige gehoorgang, door deze bij een 3-tal patienten door middel van procaine anaesthetisch te maken. Aangezien procaine-adrenaline echter niet slechts een anaestherende, doch ook een vasoconstrictorische invloed heeft, meent hij, dat ook hier vaatreacties voor de verschijnselen verantwoordelijk kunnen zijn. Van twee fenomenen waarop door *Jongkees* wordt gewezen, moet de verklaring echter elders gezocht worden: indien men iemand calorisch prikkelt en hierbij de door hem waargenomen sensaties nagaat, blijkt in een aantal gevallen naast een draaigewaarwording (die geheel achterwege kan blijven) ook een gevoel van scheef liggen of van scheef staan van de omgeving te bestaan. Deze gewaarwording van positieverandering (die bijvoorbeeld op de parallelschommel en bij excentrische rotatie op de draaischijf optreedt) wordt toegeschreven aan een prikkeling van de otolithen en maculae van de utriculus. Dat deze organen inderdaad door de calorische prikkel worden bereikt, is aannemelijk gemaakt door de door *Voogd* aangetoonde diplacusis bij langdurige en sterke calorische prikkeling. Daarbij is dus zelfs sprake van een invloed op de cochlea.

Jongkees meent dan ook, dat hierbij inderdaad een invloed op de maculae van de utriculus aangenomen kan worden. Een ander verschijnsel, dat geheel onverklaard blijft is het volgende: terwijl een proefpersoon met het hoofd naar beneden in de standstoel is geplaatst, wordt één labyrinth met koud water geprikkeld. Het verdwijnen van de aldus opgewekte homolaterale nystagmus wordt afgewacht. Daarna wordt de proefpersoon door een langzame draaiing om de bitemporale as in de normale positie met het hoofd boven gebracht. Men ziet dan zonder hernieuwde prikkeling een nystagmus in heterolaterale richting optreden die van zeer lange duur is. *Jongkees* wijst er terecht op, dat men zich dit merkwaardige verschijnsel goed voor ogen dient te houden, indien men de calorische proef uitvoert op de door *Veits* aangegeven wijze. Het is geheel onbekend welke mechanismen in werking worden gesteld

wanneer tijdens de uitvoering van de calorische prikkeling een positieverandering wordt teweeg gebracht.

Ondanks de zeer vele verrichte onderzoeken omtrent de beste methode van calorische prikkeling, is het opvallend hoe weinig hierbij aan een groot aantal *normale* proefpersonen is nagegaan, welke variatiebreedte de verschillende componenten van de nystagmus bij één individu en bij verschillende individuen onderling vertonen. Een onderzoek als dat van *Jongkees*, waarbij verschillende methoden onderling vergeleken worden en waarbij de resultaten bij een aantal proefpersonen worden getoetst aan de bestaande opvattingen, heeft daardoor fundamentele waarde. *Jongkees* komt op grond van dit onderzoek tot de conclusie, dat de nystagmusduur een zó grote variatiebreedte vertoont, dat het niet mogelijk is hieruit te besluiten tot een hypo- of hyper-reflexie. De door hem gevonden waarden wisselen van 50 tot 300 seconden.

Van veel grotere betekenis is de calorische prikkeling voor een vergelijking tussen de reacties van het linker en het rechter labyrint. In normale gevallen kan men verwachten, dat de nystagmus links en rechts van gelijke duur zal zijn en dat bij binaurale spoeling geen horizontale nystagmus zal optreden. *Jongkees* vond dat dit bij 78 % van de door hem onderzochte personen inderdaad het geval was. In 3 gevallen (5 %) vond hij, dat de opgewekte nystagmus, zowel na prikkeling met koud als met warm water aan één zijde langer duurde. Bij normalen is dit dus een zeldzaam verschijnsel en een duidelijk overwicht van de reactie op beide prikkels in één labyrint kan in het algemeen wel als pathologisch worden beschouwd.

Anders is het echter volgens *Jongkees* gesteld met een verschijnsel waaraan in het algemeen eveneens een belangrijke pathologische waarde wordt gehecht, n.l. de z.g. nystagmus-gereedheid of richtingsvoorkeur (Nystagmus-Bereitschaft, directional preponderance). Voor het eerst werd hierop gewezen door *Bauer* en *Leidler*, die bij konijnen één der hersen-hemisferen extirpeerden. Zij vonden dan postrotatoir een langere duur van de nystagmus in de richting van de gelaedeerde zijde. *Dusser de Barenne* en *de Kleyn* bevestigden dit en toonden het bestaan van dit overwicht van de nystagmus in de richting van de zijde van de extirpatie ook voor calorische prikkels aan, waarbij zij dus na bijv. extirpatie van

de l. hemisfeer een langere duur van de nystagmus naar links vonden na rotatie naar rechts, na warm-water-prikkeling links en na koud-water-prikkeling rechts. Het verschijnsel kan alleen verklaard worden door het aannemen van een stoornis in de centrale vestibulaire kernen of banen. Bij 36 patienten met cerebrale laesies vonden *de Kleyn* en *Versteegh* deze richtingsvoorkeur van de nystagmus naar de zijde van de laesie in 11 gevallen. Bij binaurale gelijktijdige spoeling vindt men soms, onafhankelijk van de temperatuur van het water, een nystagmus naar de zijde van de laesie. Dit zou wijzen op een localisatie in de middelste schedelgroeve.

Het is jammer, dat aan het begrip Nystagmus-Bereitschaft een verschillende interpretatie is gegeven. *Kobrak*, die de uitdrukking het eerst bezigde, drukte hiermee uit het gemakkelijker uitlokken van een nystagmus na een voorafgaande, niet adequate prikkel, bijv. de tragusdruk. *Hallpike*, die de uitdrukking directional preponderance bezigt, breidt het begrip ook uit tot perifere vestibulaire laesies, waarbij naar onze mening slechts sprake is van een spontane nystagmus, die door centrale compensatie latent is geworden, doch die onder invloed van een prikkeling weer manifest wordt. Aan het bestaan van een dergelijke richtingsvoorkeur van de nystagmus wordt door verschillende auteurs een belangrijke pathologische waarde gehecht. Zo vond *Hallpike* een richtingsvoorkeur bij 21 % van de door hem onderzochte lijders aan het syndroom van *Menière*, *van Deinse* bij 22 % en *de Kleyn* en *Versteegh* bij 17 %. Het is nu zeer belangrijk, dat *Jongkees* bij de door hem onderzochte 60 proefpersonen bij niet minder dan 10 (17 %) eveneens een duidelijke richtingsvoorkeur vaststelde. In de helft dezer gevallen was deze voorkeur eveneens aantoonbaar bij binaurale spoeling. *Jongkees* wijst er dan ook op, dat het hechten van conclusies aan een dergelijke richtingsvoorkeur met de grootst mogelijke terughoudendheid dient te geschieden.

Jongkees acht, geheel in overeenstemming met *Montandon* en *Crabbé*, de informatie die de calorische prikkeling kan geven, beperkt tot het al of niet functionneren van een labyrinth en tot het bestaan van een duidelijk verschil in prikkelbaarheid tussen het linker en rechter orgaan. De calorische prikkeling kan volgens hem vergeleken worden met een elektrische stroom die gebruikt wordt om een meetinstrument te testen, doch niet met een instrument om de stroom te meten.

HOOFDSTUK V.

Eigen waarnemingen betreffende het vestibulaire onderzoek door middel van calorische prikkels.

Bij de doelstelling van het in dit proefschrift te bewerken onderwerp stond ons voor ogen, ook ten aanzien van de calorische prikkeling een vergelijkend onderzoek te verrichten tussen de sterke en zwakke prikkels. Ons doel was, om in de eerste plaats bij een voldoende aantal normale proefpersonen de waarde van de latentietijd na te gaan en daarnaast de uitkomsten van het onderzoek met grote en kleine hoeveelheden water en grote en kleine verschillen in temperatuur ten opzichte van de lichaamstemperatuur te vergelijken. Uitgangspunt voor deze onderzoeken vormden de methoden zoals deze werden aangegeven door *Bárány*, waarvoor kortelings *Crabbé* een lans brak, die van *Kobrak* in de door *de Kleyn* en *Versteegh* aangegeven modificatie en de methode van *Hallpike*, die hier a.h.w. tussen in staat.

Toen wij met dit onderzoek een korte tijd bezig waren, verschenen de uitvoerige mededelingen van *Jongkees*, wiens doelstelling vrijwel geheel overeenkwam met de onze. Wij hebben toen het door ons opgestelde plan niet in zijn volle uitgebreidheid doorgevoerd, doch hieruit slechts enkele punten gekozen. De resultaten van dit beperkte onderzoek willen wij in dit hoofdstuk beschrijven, waarbij wij veelvuldig zullen verwijzen naar het genoemde onderzoek van *Jongkees*, wiens resultaten wij vrijwel geheel konden bevestigen.

Ons eerste onderzoek gold een vergelijking van de latentietijd, de nystagmusduur en zo mogelijk de andere nystagmuscomponenten (intensiteit, frequentie) bij normale proefpersonen, waarbij in liggende houding met het hoofd 30° boven het horizontale vlak het linker en rechter labirynth achtereenvolgens werden geprikkeld met wisselende hoeveelheden water van twee constante temperaturen en met een constante doorspoelingsduur. Wij verrichtten dit

onderzoek bij 9 proefpersonen en kozen de door *Hallpike* aangegeven temperaturen 30° en 44° C. De doorstromingsduur werd constant gehouden op 30 sec. De waterhoeveelheden wisselden wij van 500, 250, 50 tot 5 cc. De resultaten van dit onderzoek staan volledig weergegeven in tabel II achterin dit proefschrift. Het meten van de latentietijd was onder deze omstandigheden soms moeilijk, aangezien bij de lange doorstromingsduur de nystagmus meestal reeds begint gedurende het irrigeren van de uitwendige gehoorgang. Eigenlijk dient een nauwkeurige meting hiervan te geschieden door een tweede waarnemer, die echter niet steeds beschikbaar was. De gegevens betreffende de latentietijd zijn dientengevolge niet volledig en om die reden in de tabel niet weergegeven. Bij de verschillende proefpersonen en ook bij herhaling van de proef onder gelijke omstandigheden bij eenzelfde proefpersoon bleek de latentietijd sterk te wisselen. Variaties van 11 tot 35 seconden traden bij vergelijking van verschillende proefpersonen op, terwijl bij eenzelfde proefpersoon, die wij 3 achtereenvolgende malen op verschillende dagen onderzochten met 50 cc. water van de bovengenoemde temperatuur de latentietijd varieerde tussen 9 en 28 seconden. Wij menen derhalve, dat het meten van de latentietijd, met als doel een inzicht in de reflexibiliteit van het labyrinth, geen waarde heeft. Weliswaar is onze methode minder nauwkeurig dan die, welke *Brünings* door middel van zijn otocalorimeter bereikte, doch naar onze overtuiging kan door een toespitsen van de methode nooit de door ons en vele andere onderzoekers gevonden grote variatiebreedte teniet worden gedaan.

De intensiteit van de nystagmus en het aantal slagen zijn zeker componenten, die primair beïnvloed worden door de voortschrijdende temperatuurgolf in het binnenoor. Helaas is de eerste component zonder adequate apparatuur voor nystagmografie niet te registreren. Het aantal slagen is onder alle omstandigheden althans bij benadering te tellen, doch de lange duur van de calorische nystagmus maakt dit niet gemakkelijk, temeer, daar de nystagmus in veel gevallen niet continu is, doch vooral tegen het einde vaak wordt onderbroken door korte of langere pauzes waarna hij opnieuw begint te slaan, zodat groepvorming optreedt. Naar onze mening zijn zowel intensiteit als frequentie vooral op het hoogtepunt van de reactie (die waarschijnlijk met het maximale tempe-

ratuurverschil tussen de lateraal en mediaal gelegen delen van het labyrinth samenvalt) aanzienlijk sterker bij de prikkeling met grotere hoeveelheden water dan met geringe. Bij de prikkeling met 5 cc water zagen wij enkele keren, dat de nystagmusslagen groter waren, doch minder frequent dan met grote hoeveelheden, zoals bij proefpersoon 5, waarbij de nystagmus bij de prikkeling met 5 cc water ook iets langer duurde. In de meeste gevallen was het ons echter bij de grotere volumina beter mogelijk de nystagmus te volgen, dank zij een regelmatig verloop. Ook het bepalen van het eindpunt kon daardoor beter geschieden. Dit bepalen van het eindpunt van de nystagmus is een moeilijkheid waarop door vele onderzoekers wordt gewezen. Evenals bij de rotatoire nystagmus geldt het hier een langzaam weg-ebbind verschijnsel en elk exact aangegeven eindpunt zal noodzakelijkerwijs te absoluut zijn. Het is in dit opzicht zeker van betekenis die wijze van prikkelen te verkiezen, die een goed volgbare nystagmus opwekt.

Gemiddeld was de duur van de nystagmus — de hierboven aangegeven restricties in aanmerking genomen — vrijwel gelijk voor alle gebruikte hoeveelheden water.

In een volgende serie proeven gingen wij bij dezelfde proefpersonen na, welke de invloed was van verschillende volumina, gecombineerd met verschillende doorstromingsduur. We gingen dit na met 250 cc in 30 sec, 5 cc in 30 sec en 5 cc in 5 sec met een temperatuur van 30° C en 44° C. (Zie tabel III). Het was natuurlijk niet mogelijk om 250 cc in 5 sec door de gehoorgang te spoelen, aangezien hierbij de druk op het trommelvlies een gevaarlijk hoge waarde zou krijgen. We zouden verwachten, dat vooral de zeer langzame doorstroming met 5 cc water in 30 sec door de geboden gelegenheid van temperatuursuitwisseling met de omgeving (in de spuit, in de gehoorgang en in het middenoor) een geringe temperatuurverandering in het labyrinth teweeg zou brengen en dus een zwakke en kortdurende nystagmus. Het blijkt inderdaad, dat bij prikkeling met 5 cc water in 30 sec de nystagmus wel iets korter van duur wordt, doch bij de 9 proefpersonen gemiddeld slechts zeer weinig. Indien 5 cc water in een korte tijd wordt doorgevoerd, zoals *Kobrak* dit aanfaadt, is echter de duur vaak beduidend korter en bedraagt het verschil gemiddeld 20 sec. Dit moet dus zijn oorzaak daarin vinden, dat in de korte tijd waarin de prikkel in het

uitwendige oor wordt toegediend minder gelegenheid wordt geboden tot een voldoende overdracht van de temperatuur op het middenoor en het bot ter hoogte van de antrum-brug, waarlangs, zoals *Schmaltz* kon vaststellen, de temperatuurgeleiding het snelst plaats vindt. Wij kunnen hierbij opmerken, dat in de proeven waarin wij met 5 cc water prikkelden de waterstraal steeds onder visuele controle op het boven-achter kwadrant van het trommelmvies werd gericht.

In de derde plaats werd bij 15 proefpersonen nagegaan welke invloed aan de temperatuur kon worden toegeschreven. We kozen

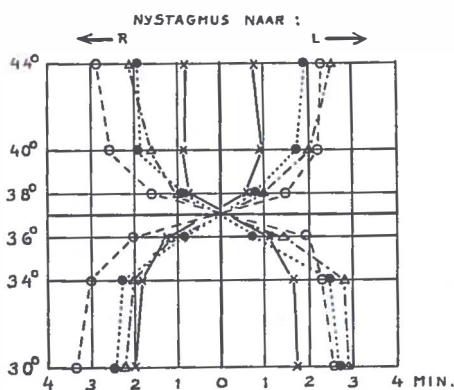


Fig. 16. Nystagmusduur na prikkeling met met 250 cc water van verschillende temperatuur bij 4 normale proefpersonen.

hiervoor wederom dezelfde positie van de proefpersoon en prikkelden steeds met 250 cc water, doorgespoeld in 30 sec. Wij kozen 44° C, 40° C en 38° C als temperaturen boven die van het lichaam en 36° C, 34° C en 30° C respectievelijk even ver daaronder. Voor de weergave maakten wij gebruik van het overzichtelijke diagram van *Jongkees* (fig. 16). Geheel in overeenstemming met *Jongkees* konden

wij vaststellen, dat kleine verschillen in temperatuur ten opzichte van die van het lichaam relatief een veel grotere invloed hebben dan grote.

Reeds bij temperatuurverschillen van 1 graad konden wij bij alle proefpersonen een nystagmus waarnemen. We moeten hierbij echter opmerken, dat we de duur van de nystagmus rekenen van het begin van de spoeling af, zoals dit ook door *Hallpike* wordt aangegeven. Aangezien deze spoeling 30 seconden duurt, wordt hierdoor de door ons gevonden nystagmusduur steeds langer dan met de werkelijkheid overeenkomt. Indien men aan de latentietijd geen betekenis wil toekennen, staan twee wegen open: de eerste is, de nystagmus-duur te rekenen van het moment, waarop de spoeling aanvangt; bij de tweede — die door *Jongkees* werd gekozen —

bepaalt men de nystagmus-duur van het moment, waarop de spoeling wordt beëindigd. Beide methoden hebben hun vóór- en nadelen. Bij een slecht prikkelbaar labyrinth kan een zeer zwakke nystagmus na bijv. 25 seconden zichtbaar worden, die slechts enkele slagen aanhoudt om dan weer te verdwijnen. De totale zichtbare nystagmus duurt dan bijv. slechts 5 seconden. Bij de door *Hallpike* aangegeven en door ons toegepaste wijze van meten zal dan een duur van 30 sec genoteerd worden. Bij de methode, die door *Jongkees* aanbevolen wordt, zal een dergelijke nystagmus, die op het moment waarop de spoeling beëindigd wordt, reeds verdwenen is, met een tijdsduur 0 moeten worden aangegeven. Men zal een middenweg moeten kiezen waarbij met de doorspoelingsduur rekening wordt gehouden waar het een zeer zwakke en kortdurende nystagmus betreft. Wij hebben daarom ook steeds tijdens de irrigatie gelet op het moment waarop de nystagmus voor het eerst zichtbaar werd. Een tweede waarnemer is hierbij zeer nuttig. Met enige ervaring weet men echter vrij goed te schatten, wanneer de irrigatie ongeveer 30 seconden heeft geduurd en men kan dit moment door een blik op de chronometer verifiëren.

Indien wij in het geheel geen nystagmus waarnamen, schakelden wij natuurlijk ook de doorspoelingsduur uit in de registratie van de tijdsduur.

Ook bij dit onderzoek vonden wij in de meeste gevallen dat de nystagmus, die werd opgewekt door water, waarvan de temperatuur duidelijk van de lichaamstemperatuur afweek, intensiever, regelmatig en daardoor beter te volgen was.

De nystagmusduur na spoeling met 250 cc water van 44° C en 30° C, die wij aldus bij 24 proefpersonen hadden gevonden, hebben wij grafisch uitgezet tegen het aantal, waarbij wij evenals *Jongkees* twee curven verkregen die in fig. 17 staan afgebeeld.

Ondanks het kleine aantal door ons onderzochte proefpersonen is de overeenkomst met de door *Jongkees* gevonden curven duidelijk.

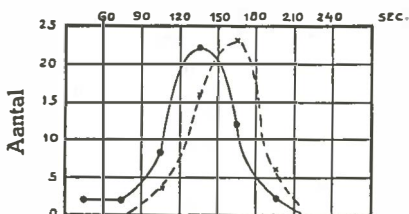


Fig. 17. Voorkomen van verschillende nystagmus duur na prikkeling met 250 cc water van 44° C en 30° C bij 24 normale proefpersonen (l en r).

● ——— ● 44° C x — — — x 30° C.

De curve voor de nystagmusduur na prikkeling met warm water vertoont een mooi binominaal verloop; bij de curve voor de koud-water-nystagmus is dit in mindere mate het geval.

Zoals wij in het vorige hoofdstuk bespraken, voert *Jongkees* dit aan als een bewijs voor het bestaan van minstens één factor, die de duur van de koud-water-nystagmus mede bepaalt.

Uit de curven is ook te zien hoe groot de spreiding is van de nystagmus-duur onder identieke omstandigheden en voorts dat de koud-water-nystagmus ook bij onze proefpersonen gemiddeld van langere duur is dan de warm-water-nystagmus. Indien wij de gevonden nystagmusduur bij deze 24 proefpersonen, die wij in tabel IV hebben weergegeven, overzien, dan blijken de verschillen tussen de reactieduur van het linker en rechter labyrint zeer gering. Hiertoe kan men afzonderlijk de nystagmusduur na prikkeling met koud en warm water voor beide labyrinten vergelijken of — beter — de totale duur van de nystagmus voor het linker en het rechter labyrint samenvoegen. Wij zijn het volkomen met *Jongkees* eens, dat de bepaling van de nystagmusduur zó weinig nauwkeurig is, dat men hierbij met een foutenmarge van zeker 10 % rekening moet houden. Bij het bepalen van verschillen in reactieduur tussen het linker en rechter labyrint uit samenvoeging van de nystagmusduur na beide wijzen van prikkelen moeten wij dus een foutengrens van 20 % overschrijden, eer van een verschil van betekenis kan worden gesproken. Dergelijke verschillen vonden wij bij de door ons verrichte bepalingen zeker niet. *Jongkees* vond bij 60 proefpersonen drie, waarbij wel een verschil van deze grootte bestond tussen links en rechts. Wij menen dan ook dat het vinden van een duidelijk verschil tussen de nystagmusduur links en rechts met vrij grote zekerheid wijst op een stoornis ergens in het perifere orgaan of in de vestibulaire kernen of banen. Indien wij daarnaast de duur van de nystagmus naar links en naar rechts nagaan (opgewekt door een warm-water-prikkel links, c.q. koud-water-prikkel rechts en door een warm-water-prikkel rechts c.q. koud-water-prikkel links), dan zijn de verschillen bij onze proefpersonen groter en bij 3 (12 %) bedragen deze 20 % of meer. In deze 3 gevallen hebben wij dus te maken met een duidelijke richtings-voorkeur. De verklaring hiervan moet gezocht worden in centrale verschijnselen. *Jongkees* zocht naar een samengaan met links- of rechtshandigheid, waarbij verwacht zou

kunnen worden, dat rechtshandigheid, die, naar aangenomen wordt met een overwegen van de linker hersen-hemisfeer gepaard gaat, een richtingsoverwicht naar links zou opleveren. Dit klopt echter niet met de vondst van *Dusser de Barenne* en de *Kleyn* bij konijnen en van de *Kleyn* en *Versteegh* en *Hallpike* bij patienten met cerebrale laesies, waarbij juist de nystagmus in de richting van de geëxtirpeerde of gelaedeerde hemisfeer overwoog.

Het feit echter, dat wij bij een dergelijk klein aantal proefpersonen in 12 % een duidelijke richtingsvoorkeur vonden, stemt zeer goed met het door *Jongkees* gevonden percentage (17) overeen en wij zijn dus, evenals hij, de mening toegedaan, dat het vinden van een richtings-voorkeur bij patienten met grote voorzichtigheid dient te worden geïnterpreteerd en niet anders dan in samenhang met andere verschijnselen.

In het algemeen zien wij, dat de nystagmusduur na prikkeling met koud water die met warm water overtreft. Bij onze proefpersonen was dit in 72 % het geval. *Hallpike* trekt hieruit de conclusie, dat de 2e wet van *Ewald* voor de mens niet opgaat. Inderdaad is het volgens de hierin vervatte werkzaamheid van de ampullopetale en ampullofugale endolymphestroom in het horizontale kanaal niet goed begrijpelijk, hoe bij twee tegengesteld gerichte prikkels van gelijke grootte juist de ampullofugale stroom het sterkste effect zou hebben. Toch moeten we in dit verband voorzichtig zijn met conclusies. Weliswaar zijn de twee prikkels tegengesteld-gelijk van grootte en kunnen we ook aannemen, dat hun invloed op de dichtheid van de endolympe vrijwel gelijk, doch tegengesteld zal zijn, maar we weten niet in hoeverre de koude prikkel, hetzij via vasculaire reacties, hetzij via een directe invloed op het zenuw-epitheel van de crista misschien veel sterker werkt. Indien men uitsluitend de endolymphestroom als werkzame factor wil zien, zou men zelfs moeten concluderen dat de wet van *Ewald* in tegengestelde zin werkt. Bovendien weten wij niet in hoeverre de calorische prikkel, ook indien het horizontale kanaal in de 1e optimale positie volgens *Brünings* staat, toch mede op de verticale kanalen en op de utriculus werkt. Het is a priori aannemelijk, dat de calorische prikkel het gehele labyrint bereikt. Zoals wij in Hoofdstuk IV zagen, meent *Jongkees* dat de gewaarwording van scheef liggen, die verscheidene patienten ervaren, aan een prikkeling van de maculae van de utri-

culus is toe te schrijven. Bij onze proefpersonen gingen wij steeds na welke gewaarwordingen zij bij de prikkeling met koud en met warm water kregen. Wij konden hierbij een onderscheid maken tussen een gewaarwording van rotatie van de omgeving (of van de persoon zelf) en van scheef liggen of (scheef staan van de omgeving). Soms traden deze verschijnselen gecombineerd op. Opvallend was echter, dat in een groot aantal gevallen in het geheel geen duidelijke sensatie optrad, of slechts een direct door de nystagmus veroorzaakte gewaarwording van heen en weer bewegen van de omgeving. Een draaigewaarwording, overeenkomend met die welke wij bij de rotatoire prikkels kennen, dus een schijnbeweging van de omgeving in de richting van de langzame nystagmusphase of van de eigen persoon in de richting van de snelle phase, vonden wij bij 17 van de 24 onderzochte proefpersonen. De draaigewaarwording was hierbij na prikkeling met warm water in het algemeen duidelijker dan na prikkeling met koud water. Een gevoel van scheef liggen of scheef staan van de omgeving trad bij 8 personen op, waarvan 5 tevens een draaigewaarwording hadden. Bij 3 bestond dus uitsluitend een gevoel van scheef staan en bij hen was dit gevoel bij de prikkeling met koud water duidelijker dan bij de warm-water-prikkel. Uit de rotatoire prikkeling is wel met zekerheid te concluderen, dat de prikkeling van twee booggangen die in hetzelfde vlak zijn gelegen, vrijwel steeds aanleiding geeft tot een draaigewaarwording. Uit het feit, dat deze draaigewaarwording bij de calorische prikkeling in een zó groot gedeelte der onderzochte gevallen ontbreekt, of zeer onduidelijk is, schijnt de conclusie gerechtvaardigd, dat de prikkeling niet beperkt blijft tot één booggang, doch dat ook de andere delen van het labyrinth dusdanig medegeprikkeld worden, dat het waarnemen van een bepaalde draairichting hierdoor bemoeilijkt wordt. Een andere mogelijkheid, die overwogen dient te worden, is de volgende : bij de rotatoire prikkeling wordt van beide labyrinthen tenminste één booggang geprikkeld. Het is nu een merkwaardig feit, dat bij ééNZijdig labyrinthloze patienten en bij patienten na fenestratie van het labyrinth, de draaisensatie onder invloed van rotatoire prikkels na de laesie (traumatisch, infectieus of operatief) zeer sterk is afgenomen. Eerst langzamerhand herstelt zich het vermogen om de per- of postrotatoire draaiing goed waar te nemen. Het is misschien mogelijk, dat onder normale omstandig-

heden de samenwerking van twee booggangen die in één vlak zijn gelegen, voor de draaigewaarwording nodig is. Dit zou in overeenstemming zijn met de voorstelling, die *Hulk* zich vormt van de samenwerking van beide labyrinthen. Hierop steunt hij zijn conclusie, dat voor de mens de 2e wet van *Ewald* niet opgaat. De hier gegeven visie is echter niet meer dan een veronderstelling.

Bij een 5-tal patienten met droge radicale holten hebben wij nog getracht een nader inzicht te krijgen in de localisatie van de draaigewaarwording en de gewaarwording van een scheve stand door de trommelholte te irrigeren met warm en koud water en door een in aether gedrenkte wattendrager achtereenvolgens tegen de horizontale booggang en ter hoogte van het ronde venster tegen het promontorium te houden, terwijl de patient horizontaal lag met het hoofd 30° boven het horizontale vlak. Bij de irrigatie trad bij 4 van hen een duidelijke draaigewaarwording op, terwijl 2 tevens een gevoel aangaven van scheef te liggen. Bij applicatie van de in aether gedrenkte wattendrager tegen de horizontale booggang trad bij 2 van hen een draaigewaarwording op, echter geen gewaarwording van scheef liggen. Indien de wattendrager tegen het promontorium werd gehouden, trad bij geen der onderzochte patienten een draaigewaarwording op, doch 1 van hen kreeg wel een gevoel van scheef liggen. In al deze gevallen gaf de koude-prikkel een sensatie van een lagere stand van de geprikkelde zijde. Deze proeven wijzen er dus ook op, dat de gewaarwording van een scheve stand in de ruimte het gevolg is van een prikkeling van de utriculus. Het is waarschijnlijk, dat het hierbij gaat om een directe prikkeling van de zenuweindigingen van de maculae.

Bij de prikkeling van het labyrinth via de radicale holten trad voorts zeer duidelijk aan het licht hoe enorm kort de latentietijd was.

De voorgenomen proefnemingen met betrekking tot de invloed van de stand van het hoofd in de ruimte hebben wij, na het verschijnen van de mededelingen van *Jongkees* en na kennisname van de uitstekende monografieën van *Behrmann*, achterwege gelaten, temeer, daar het onderzoek in de omgekeerde posities voor de proefpersonen in hoge mate onaangenaam is. Wij hebben ons beperkt tot het nagaan van de bovenste indifferente zone en tot het verifiëren van de merkwaardige vondst van *Jongkees* betreffende de invloed van bewegingen van de proefpersonen gedurende de proef.

We verrichtten deze proeven op de standstoel van *Grahe*. Voor de bovenste indifferente zone konden wij de vondsten van *Behr-mann* en *Jongkees* geheel bevestigen. Ook de nystagmusduur buiten deze zone vonden wij in alle standen vrijwel van gelijke duur.

Bij koud-water-prikkeling in een positie van de proefpersoon ver voorover, zagen wij steeds een homolaterale nystagmus. Indien de proefpersoon, nadat deze nystagmus was geëindigd, langzaam in de normale positie werd teruggebracht, trad steeds zonder hernieuwde prikkeling een heterolaterale nystagmus op. Wij herhaalden deze proef bij 3 proefpersonen met warm water, waarbij in de eerstgenoemde positie een heterolaterale nystagmus optrad. Het merkwaardige feit deed zich voor, dat we na het terugvoeren in de normale positie óf een zeer zwakke homolaterale nystagmus zagen optreden, óf in het geheel geen nystagmus. Ook hieruit krijgt men de indruk, dat bij de prikkeling met koud water nog een andere invloed werkzaam is dan bij de prikkeling met warm water. Het is van betekenis deze proeven met een groter aantal proefpersonen te herhalen.

HOOFDSTUK VI.

Enige experimenten door middel van rotatoire prikkels bij de duif vóór en na ingrepen aan het labyrinth.

1. *De normale duif.*

De gegevens, verkregen tijdens het onderzoek van normale proefpersonen en vooral de ervaringen, die wij inmiddels bij een aantal patienten met duidelijke vestibulaire stoornissen hadden opgedaan, maakten het gewenst aan de onderzoekingsmethode door middel van kleine gedoseerde draaiprikkels een uitbreiding te geven door middel van het dier-experiment. Het lag voor de hand om hiervoor het in Groningen welhaast klassieke proefdier, de duif te kiezen.

Wij begonnen met de draaireacties te bestuderen bij het normale dier. De duif werd hiertoe van een kopkap voorzien, teneinde de perrotatoire optokinetische reacties en de postrotatoire fixatie van de omgeving uit te sluiten. Het dier werd gefixeerd in een duivenhouder volgens *Ewald*. De kop en de hals werden daarbij natuurlijk geheel vrij gelaten. Aan de kop werd een, in het verlengde van de snavel gerichte, dunne aluminium aanwijsnaald bevestigd van 10 cm lengte, waardoor alle kopbewegingen zeer duidelijk zichtbaar werden. Aan de duivenhouder werd, met de hals als centrum, een horizontaal gestelde gradenboog gemonteerd. Boven de kop van de duif werd een flexibel gemonteerd lampje aangebracht. Hierdoor werden de naald en de gradenboog helder verlicht, zodat elke kopdeviatie in het horizontale vlak gemakkelijk in graden was af te lezen.

De rotatieproeven werden uitgevoerd in de in hoofdstuk II beschreven draaistoel voorzover het hoeksnelheden tot 60°/sec betrof. Voor grotere hoeksnelheden maakten we gebruik van de draaistoel volgens *Bárány*. De rotatie werd op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de proefpersonen, dus in de eerstgenoemde draaistoel door subliminale versnelling tot de gewenste hoeksnelheid, waarna in korte tijd de stoel werd gestopt. Ook in de stoel van *Bárány* werd langzaam versneld en na een eenparige rotatie van

180°/sec gedurende 1 minuut, in korte tijd gestopt. De op deze wijze opgewekte postrotatoire kopnystagmus na draaiing in beide richtingen was zeer fraai te volgen. De nystagmusduur werd nauwkeurig gemeten, evenals het aantal slagen en de bij deze slagen bereikte deviatie. Na oefening bleek het goed mogelijk, deze verschillende componenten na de observatie in een grafische voorstelling te tekenen. Hierdoor verkregen wij een overzichtelijk beeld van de gehele nystagmus in beide richtingen bij verschillende hoeksnelheden. Slechts de tijdsduur van elke nystagmuslag apart kon niet goed worden gemeten; deze werd uit het totale aantal slagen en de tijdsduur van de gehele nystagmus geschat. Ook dit gelukte na enige oefening vrij goed, doch veel beter, naarmate de nystagmus regelmatig verliep. Wij zijn steeds doordrongen geweest van de subjectiviteit van deze methode en we zijn ervan overtuigd dat een objectieve registratiemethode verre de voorkeur zou verdienen. Hiertoe hebben wij dan ook uitvoerige pogingen in het werk gesteld. In de eerste plaats hebben wij de duif daartoe geplaatst in de duivenhouder volgens *Mowrer*, waarbij de snavelbewegingen door middel van een systeem van draadjes, katrollen en een schrijver worden overgebracht op een kymografion. Dezelfde proefopstelling werd door *van der Meulen* gebruikt bij zijn proeven over de vestibulaire en optokinetische nystagmus bij de duif. Het bleek echter, dat bij de door ons gebruikte geringe hoeksnelheden de intensiteit van de prikkel zó klein was, dat slechts bij hoeksnelheden van 60°/sec en hoger een registratie op de trommel mogelijk bleek. De weerstand van het overbrengings-systeem bleek veel te groot te zijn voor de zwakke prikkels. Hieruit blijkt tevens, dat ook bij sterkere impulsen vele fijne nuances in de nystagmus bij deze wijze van registratie verloren moeten gaan.

In de tweede plaats trachtten wij de nystagmus op directe wijze te registreren, door aan de snavel van de duif een zeer lichte schrijver van celluloid te bevestigen en het einde daarvan te plaatsen op een horizontaal roterende beroete trommel. Afgezien van de vele storingen, die in de beschreven curve optraden tengevolge van geringe bewegingen buiten het horizontale vlak, was het ook met deze methode niet mogelijk om een behoorlijke registratie te verkrijgen van de reacties op zwakkere prikkels dan 30°/sec.

Het mooiste zou ongetwijfeld geweest zijn gebruik te maken van

een fotografische of kinematografische registratie, bijv. door schaduwfotografie. Dit zou echter een vrij kostbare en omvangrijke apparatuur nodig hebben gemaakt, waarover we nu nog niet beschikken.

Gelukkig bleek in de loop van de proeven, dat de door ons gebruikte subjectieve methode van registratie een behoorlijke mate van betrouwbaarheid bezat, die wij konden controleren in de herhaling van het onderzoek en de vergelijking van de aldus verkregen series grafieken, die onafhankelijk van elkaar waren opgetekend.

Wij begonnen met de vaststelling van de minimale prikkel, waar-
 bij nog een kopdeviatie optrad. Dit gebeurde met behulp van het in hoofdstuk III beschreven versnellingsmechanisme. Onderling vertoonden de duiven geringe verschillen in gevoeligheid, doch gemiddeld werd bij een versnelling van $3^\circ/\text{sec}^2$ (dus een hoeksnelheid van $2^\circ/\text{sec}$) een geringe, doch onmiskenbare kopdeviatie waargenomen in een richting, tegengesteld aan de draairichting. Het betreft hier dus de langzame perrotatoire nystagmusphase, die Ewald „Kopfremnensz” noemde. Deze langzame kopdeviatie

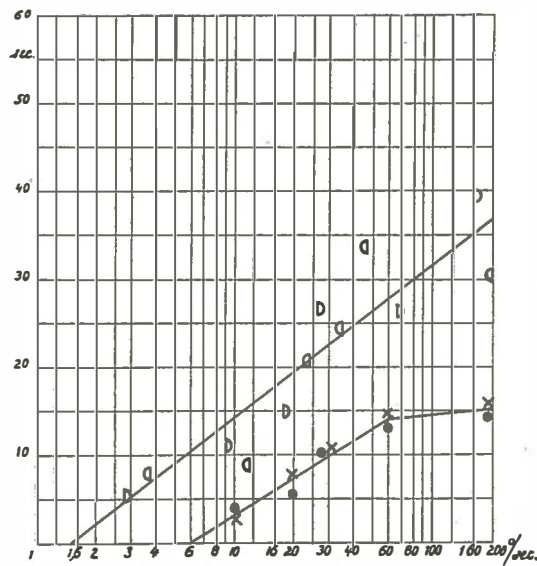


Fig. 18a. Duif 852. Curve voor de postrotatoire nystagmusduur
 × Rotatie naar links.
 ● Rotatie naar rechts.
 Curve voor de totale duur van de postrotatoire kopbeweging.
 □ Rotatie naar links.
 □ Rotatie naar rechts.

bij de duif is veel beter waar te nemen dan de langzame phase van de oog-nystagmus bij de mens; er is echter alle reden om aan te nemen, dat deze laatste bij dergelijke geringe hoekversnellingen ook

reeds aanwezig is. Wij konden de langzame oogdeviatie trouwens bij enkele proefpersonen ook bij hoekversnellingen van $3^\circ/\text{sec}^2$ aantonen. Van hoeksnelheden van $3^\circ/\text{sec}$ af verrichtten wij onze proeven door stoppen na een éénparige hoeksnelheid, dus postrotatoir. In het algemeen namen wij bij deze impuls een langzame kopdeviatie in de oorspronkelijke draairichting waar, bij enkele duiven sloot zich aan deze langzame deviatie echter reeds een enkele nystagmusslag aan. Bij toenemende intensiteit van de prikkel werd de optredende nystagmus duidelijker, intensiever en langduriger. Nadat de nystagmus geëindigd was, keerde de kop meestal

langzaam naar de mediane stand terug; soms bleef hij enkele graden buiten de mediaanlijn staan. Bij een hoeksnelheid van $60^\circ/\text{sec}$ was de opgewekte nystagmus het best waar te nemen. De duur was meestal ongeveer gelijk aan die bij een impuls van $180^\circ/\text{sec}$., doch de regelmaat der slagen was veel fraaier. Bij de sterke impuls volgens *Bárány* was de intensiteit in het begin zeer groot, zodat deviaties over een hoek van 90° vaak optraden, doch de slagen waren zeer ongelijk van grootte en de totale duur was in

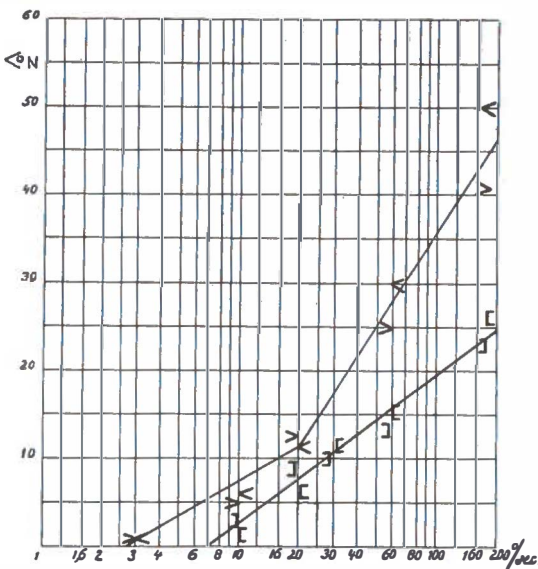


Fig. 186. Duif 852. Curve voor de postrotatoire kopdeviatie in graden ($^\circ$)

< Rotatie naar links.

> Rotatie naar rechts.

Curve voor het aantal postrotatoire nystagmusslagen (N).

□ Rotatie naar links.

□ Rotatie naar rechts.

verscheidene gevallen kleiner dan bij een impuls van $60^\circ/\text{sec}$. Het is mogelijk, dat perrotatoire prikkels hierbij een rol spelen, aangezien subliminale acceleratie niet mogelijk was, doch wij menen dat na de

langdurige eenparige rotatie de perrotatoire prikkel vrijwel geheel uitgewerkt moet zijn.

Verschillende componenten van de nystagmus werden door ons bepaald: de maximale kopdeviatie in graden, het totale aantal nystagmuslagen en de duur van de nystagmus (d.w.z. de tijd, gedurende welke de snelle nystagmuslagen zichtbaar zijn). De tijd die verloopt tussen het moment van prikkelen en het terugkeren van de kop tot de mediaanlijn bleek in vele gevallen niet meetbaar, aangezien deze terugkeer vaak niet volledig plaats vindt. Dit is ook in overeenstemming met de voorstelling, die wij ons van de kopbeweging maken als afspiegeling van de asymptotische cupulabeweging. Een vertraagende en tenslotte op 0 uitlopende beweging konden wij herhaaldelijk fraai waarnemen. De bovengenoemde componenten, die wij bepaalden bij verschillende hoeksnelheden: 3, 10, 20, 30, 60 en 180°/sec, zowel na rotatie naar links als naar rechts, zetten wij in een grafiek uit tegen de logarithme van de betreffende hoeksnelheid. Het bleek, dat van alle componenten de verschillende meetpunten ongeveer een rechte lijn opleverden, doch dat de deviaties van de meetpunten buiten de rechte lijn het geringst waren bij de nystagmusduur. In totaal werden 31 normale duiven onderzocht. Van duif 852 staan de verschillende curven in fig. 18a en b weergegeven, terwijl van de curve van de nystagmusduur de beide uiterste gevonden waarden en de gemiddelde curve in fig. 19 zijn afgebeeld. Hieruit blijkt in de eerste plaats,

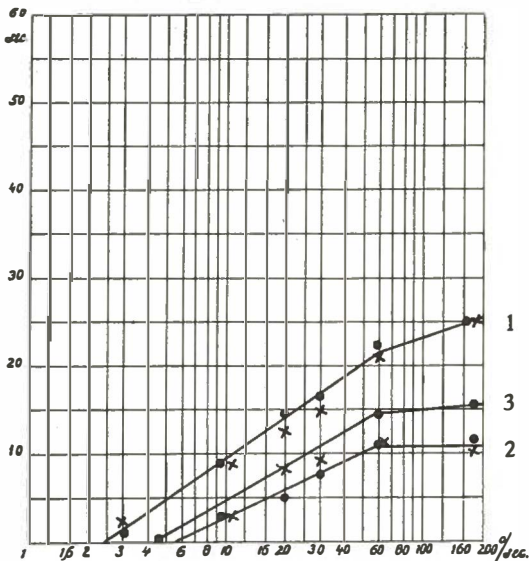


Fig. 19. Curven voor de postrotatoire nystagmusduur bij de duif.

- 1 hoogste gevonden waarde.
- 2 laagste gevonden waarde.
- 3 gemiddelde curve van 31 duiven.

1) de verschillende meetpunten ongeveer een rechte lijn opleverden, doch dat de deviaties van de meetpunten buiten de rechte lijn het geringst waren bij de nystagmusduur. In totaal werden 31 normale duiven onderzocht. Van duif 852 staan de verschillende curven in fig. 18a en b weergegeven, terwijl van de curve van de nystagmusduur de beide uiterste gevonden waarden en de gemiddelde curve in fig. 19 zijn afgebeeld. Hieruit blijkt in de eerste plaats,

dat de verschillende meetpunten van de curve van de nystagmusduur buitengewoon weinig van de rechte lijn afwijken en in de tweede plaats, dat de beide uiterste gevonden curven ook slechts weinig van het gemiddelde afwijken. We kunnen uit deze proeven dan ook wel met zekerheid besluiten, dat de duur van de kopnystagmus bij de duif bij verschillende intensiteiten van de prikkel een uitnemende afspiegeling vormt van de cupulabeweging.

Dit vormt derhalve een goede experimentele steun voor een gelijksoortige opvatting betreffende de oog-nystagmus bij de mens, aangezien naar alle waarschijnlijkheid deze beide nystagmusvormen ongedwongen met elkaar kunnen worden vergeleken.

Indien wij de postrotatoire sensatieduur bij de mens willen vergelijken met een der bovengenoemde nystagmuscomponenten bij de duif, dan zal deze het best overeenkomen met de totale duur van de kopbeweging. We gaan er van uit, dat, afgezien van centrale, storende invloeden, de sensatie blijft aanhouden, zolang de cupula nog niet in de uitgangsstand is teruggekeerd. Het is aannemelijk, dat zich hetzelfde voordoet bij de kopbeweging van de duif. Er blijkt ook een zekere overeenkomst te bestaan tussen deze beide. In een aantal gevallen is een meting goed mogelijk, doch in een groter aantal is er geen bepaald einde van de sensatie of de kopbeweging. In die gevallen, waar de sensatieduur bij gelijke impulsen bij herhaling gelijk wordt aangegeven, duurt bij impulsen van matige intensiteit de sensatie meestal langer dan de nystagmus, terwijl het minimum lager ligt. Hetzelfde vinden wij bij de duur en het eerste optreden van de kopbeweging. Wij vinden ook in deze proeven een bevestiging van onze ervaring, dat de nystagmusduur bij de mens een betere aanwijzer is voor de cupulabeweging dan de sensatieduur, terwijl wij ook bij de duif de ervaring opdeden, dat impulsen van $3-60^\circ/\text{sec}$ geschikter zijn dan de onphysiologische hoge hoeksnelheden bij de rotatie volgens *Bárány*. Interessant is hierbij de overeenkomst met de hoeksnelheden, waarbij het maximale elektrische effect door *Löwenstein* en *Sand* van de vezels van de N.ampullaris bij de stekelrog kon worden afgeleid.

Na dit onderzoek van een aantal normale duiven, waarbij elke duif tenminste 3 keer werd onderzocht, gingen wij ertoe over om bij een serie duiven ingrepen aan het labirynth uit te voeren en de dieren vervolgens direct na de ingreep en daarna eerst dagelijks,

later met grotere tussenruimten geregeld te onderzoeken. De ingrepen, die alle werden uitgevoerd door Prof. Dr. *Eelco Huizinga* waren de volgende:

Eénzijdige doorsnijding van het horizontale kanaal, éénzijdige extirpatie van het labyrinth en éénzijdige fenestratie van het horizontale kanaal, waarbij door het aanleggen van een lange fistel tot de ampul de fenestratie-operatie bij de mens zo getrouw mogelijk werd nagebootst. Voor de techniek van deze operaties, die alle onder zeer lichte aethernarcose werden uitgevoerd, verwijzen wij naar de uitvoerige beschrijving door *Ewald* en naar de publicaties van *Huizinga*, van *Eunen* en van *der Meulen*. Wij volstaan hier met een bespreking van de reacties, die de duiven vertoonden in de periode volgende op de ingreep.

2. *Doorsnijding van het horizontale kanaal.*

Deze ingreep werd bij 10 duiven uitgevoerd, waarvan bij 5 aan de linker en bij 5 aan de rechter zijde. Direct na afloop van de operatie vertoonden de duiven de typische verschijnselen van een uitval van de crista horizontalis: spontane nystagmoïde bewegingen in het vlak van de betreffende booggang, waarvan de snelle phase was gericht naar de niet-geopereerde zijde. Het tempo van deze bewegingen was synchroon met de ademhaling. Voorts bestond een zeer geringe kopdeviatie in de richting van het geopereerde labyrinth in het frontale en horizontale vlak, terwijl bij lopen en vliegen een geringe, doch onmiskenbare afwijking in dezelfde richting waarneembaar was. Tengevolge van de spontane kopbewegingen was het observeren van een nystagmus na de rotatie niet gemakkelijk. Bij 4 van de 10 duiven konden wij in het geheel geen reactie waarnemen beneden een hoeksnelheid van $180^\circ/\text{sec}$. Bij een hoeksnelheid van $3^\circ/\text{sec}$ zagen wij nimmer een reactie. Bij 6 duiven was bij een impuls van $10^\circ/\text{sec}$ in de richting van het geopereerde labyrinth een geringe, doch onmiskenbare versterking en versnelling van de spontane beweging zichtbaar, terwijl na rotatie in de tegengestelde richting een kortdurende pauze in deze beweging optrad. Bij toenemende grootte van de hoeksnelheid werden deze verschijnselen duidelijker, intensiever en langduriger na rotatie in de richting van het geopereerde labyrinth. Na rotatie in de tegengestelde richting

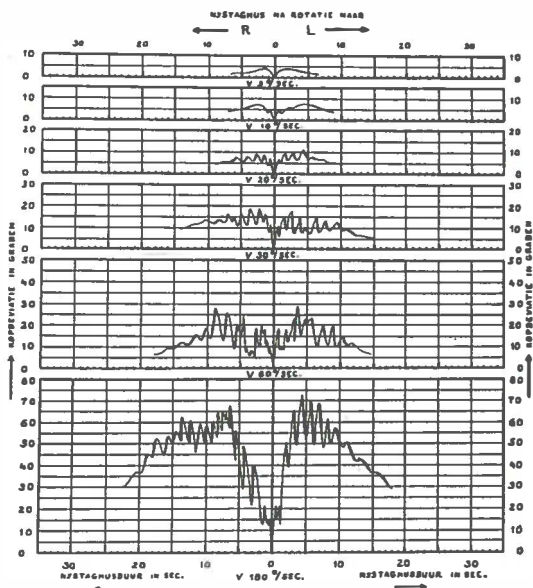


Fig. 20. Duif No. 851. Postrotatoire reacties van het normale dier bij verschillende impulsen na rotatie naar links en naar rechts.

ampullofugale prikkel tot 0 afneemt en daarna dus niet verder kan dalen. Bij een impuls van $60^\circ/\text{sec}$ vonden wij echter bij 3 duiven ook na rotatie in de richting van het niet-geopereerde labirynth een kortdurende nystagmus, waarvan de snelle phase was gericht naar de geopereerde zijde. We kunnen een reactie van de doorsneden booggang hierbij uitsluiten, zodat

werd de pauze in het algemeen niet langer. Dit is dus in overeenstemming met de opvatting van *Ewald*, dat de ampullopetale stroom in de horizontale booggang een effect heeft groter dan de impullofugale. Ook zien wij hierin een goede overeenstemming met de proeven van *Löwenstein* en *Sand*, die zagen, dat het aantal in rust optredende actiepotentialen na een ampullopetale prikkel toeneemt en na een

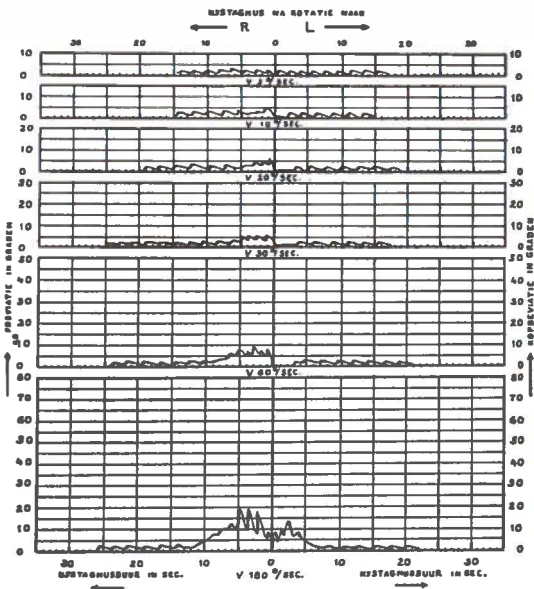


Fig. 21. Duif No. 851. Doorsnijding van het r. horizontale kanaal. Onderzoek direct na operatie.

hier de ampullofugale stroom in de normale booggang of een reactie van de verticale kanalen voor de reactie verantwoordelijk moet worden gesteld. De kopbeweging vond echter praktisch zuiver in het horizontale vlak plaats. Bij impulsen van $180^\circ/\text{sec}$ trad dit verschijnsel constant op. De reactie was echter steeds beduidend geringer dan na rotatie in de richting van het geopereerde labrynth. Di-

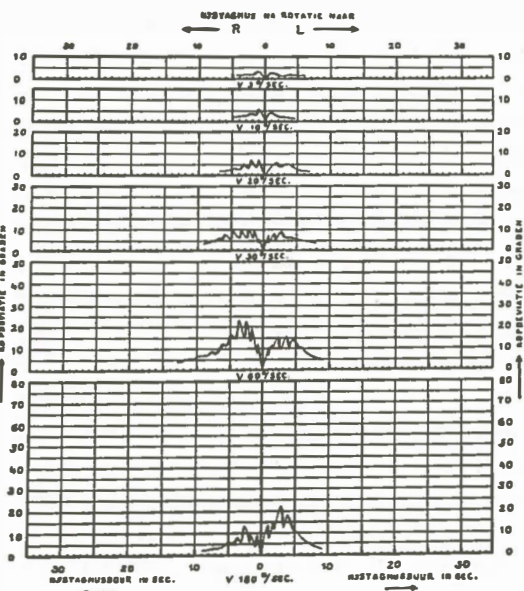


Fig. 22. Duif No. 851. Doorsnijing van het r. horizontale kanaal. Onderzoek 1 dag na operatie.

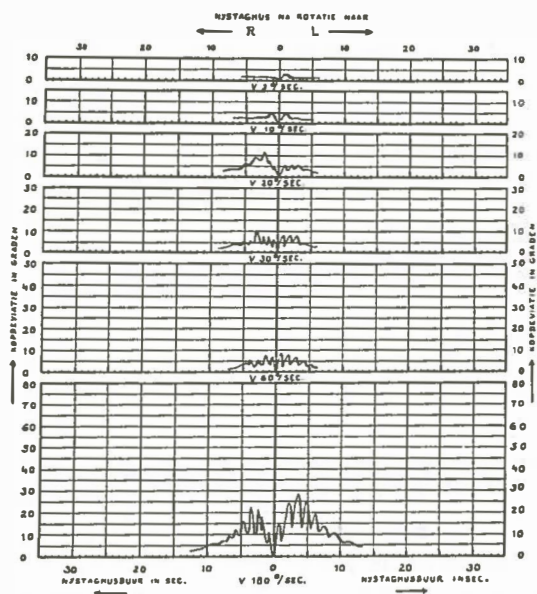


Fig. 23. Duif No. 851. Doorsnijing van het r. horizontale kanaal. Onderzoek 48 dagen na operatie.

rect na de operatie zijn dus de verschijnselen conform de wet van *Ewald*. Ook de perrotatoire nystagmus bij een plotseling toegevoegde versnelling tot $180^\circ/\text{sec}$ is hiermee in overeenstemming: rotatie in de richting van het geopereerde labrynth geeft vrijwel geen reactie, rotatie in tegengestelde richting wel. Het meest opvallend bij de geopereerde duiven was echter de enorme daling in

de gehele reactie, vergeleken bij het pre-operatieve peil. Ook bij het onderzoek op volgende dagen bleek dit. Aan een invloed van de narcose is deze daling derhalve niet toe te schrijven. We onderzochten de aldus geopereerde duiven 1, 3, 5 en 7 dagen na de ingreep, vervolgens 2 keer en daarna 1 keer per week. Indien de uitslag van het onderzoek dit wenselijk maakte, geschiedde het onderzoek vaker. Het viel op, dat de spontane bewegingen bij 8 van de 10 duiven daags na de operatie geheel verdwenen waren. Wel bestond er een geringe kopverdraaiing naar de geopereerde zijde. Ofschoon de reacties ook op de volgende dagen veel geringer in intensiteit waren dan bij het normale dier, was het toch opvallend, dat vaak reeds na 24 uur een duidelijke neiging tot compensatie van de verschillen tussen links- en rechtsdraaien zichtbaar was. Een overwicht van de reacties na rotatie in de richting van het geopereerde labyrint was weliswaar nog aanwezig, doch de reacties na rotatie in tegengestelde richting waren thans ook waarneembaar. Bij 3 duiven was echter na een impuls van $180^\circ/\text{sec}$ in de richting van het niet geopereerde labyrint de reactie *sterker*. Op dit paradoxe verschijnsel wees ook *van der Meulen*. Ook per-rotatoir viel dit verschijnsel op, nu dus bij rotatie in de omgekeerde richting. Op de volgende dagen zagen wij dit verschijnsel bij 4 duiven optreden, en nu ook bij zwakkere prikkels. Meestal bestond deze paradoxe reactie uit een trage, doch grote deviatie van de kop, waaraan zich bij een voldoende intensiteit van de prikkel één of meer, eveneens trage nystagmuslagen aansloten. Na rotatie in de richting van het geopereerde labyrint trad dan steeds een fijnere doch regelmatige nystagmus op, waarvan de duur echter in een aantal gevallen korter was. Het was ons niet mogelijk voor dit merkwaardige verschijnsel een goede verklaring te geven, doch we zijn geneigd deze te zoeken in de intredende centrale compensatie. *Hieruit blijkt echter wel, dat het onderzoek zowel kortere als langere tijd na een laesie van één labyrint soms niets meer zegt omtrent de al- of niet-geldigheid van de wet van Ewald.* Ook in de kliniek dienen wij ons dit voor ogen te houden. Een compensatie in de zin van een gelijk-worden van de reacties na rotatie in beide draairichtingen zagen wij bij de duiven na eenzijdige booggangdoorsnijding duidelijk optreden en in het algemeen was deze compensatie in de loop van ongeveer 6 weken bereikt, voor zover het

prikkels van matige sterkte betrof .Bij impulsen van $180^{\circ}/\text{sec}$ trad het gelijk-worden van de reactie na rotatie naar links en rechts vaak veel later op. Een herstel tot het pre-operatieve peil zagen wij echter niet. Steeds bleven de reacties van een geringere intensiteit. Ook een geringe kopverdraaiing bleef vaak bestaan, terwijl de invloed van de verticale booggangen soms storend was, vooral als de duif een neiging vertoonde de kop iets te laten hangen, tengevolge van een tonusverlies in de halsspieren en dientengevolge niet zuiver in het vlak der horizontale kanalen werd geroteerd. Van Duif No. 851, die van de aldus geopereerde reeks een typisch voorbeeld vormt, zijn de getekende grafieken van het onderzoek in normale toestand en van het geopereerde dier, direct post-operatief, 1 dag en 48 dagen post-operatief in de fig. 20 tot 23 weergegeven.

3. *Extirpatie van het labyrinth.*

In totaal werd deze ingreep bij 7 duiven verricht, waarvan bij 4 aan de linker en bij 3 aan de rechter zijde. 1 Duif overleed 2 dagen na de operatie. Ook bij deze dieren was de enorme daling in intensiteit van alle reacties het meest opvallende verschijnsel. Bij 4 duiven was na afloop van de operatie vrijwel geen reactie op te wekken, terwijl de tonus van de halsspieren zo gering was, dat de aanwijsnaald aan de kop steeds op de gradenboog kwam te rusten. Bij 3 van de dieren was een volledig onderzoek direct na de operatie mogelijk. 2 van deze duiven vertoonden een duidelijke nystagmoïde kopbeweging, waarvan de snelle phase was gericht naar de niet-geopereerde zijde; bij 1 duif ontbrak deze kopbeweging. In sterkere mate dan bij de booggangdoorsnijding waren de symptomen van een overwicht van het intacte labyrinth zichtbaar: kopdeviatie naar de geopereerde zijde, benevens loop- en vliegafwijkingen in die richting.

Na rotatie in de richting van het verwijderde labyrinth was voor het eerst een reactie zichtbaar bij een hoeksnelheid van $30^{\circ}/\text{sec}$, die bij toenemende intensiteit van de prikkel duidelijker werd. Bij $180^{\circ}/\text{sec}$ trad bij alle onderzochte dieren een nystagmus op, waarvan de slagen niet zeer regelmatig waren. Na rotatie in de richting van het intacte labyrinth trad bij $30^{\circ}/\text{sec}$ een pauze in de spontane

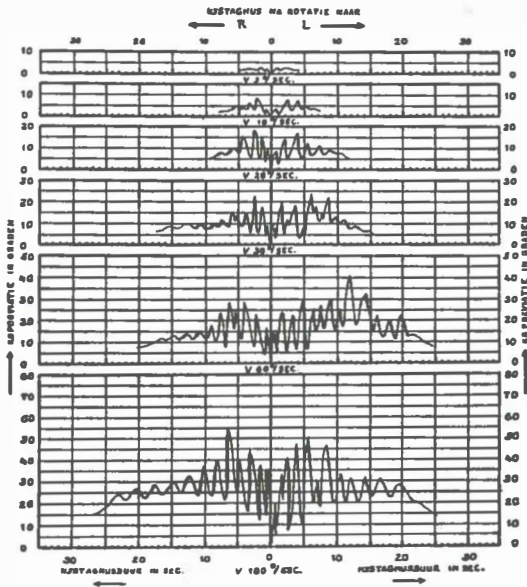


Fig. 24. Duif 936. Postrotatoire reacties van het normale dier bij verschillende impulsen na rotatie naar links en naar rechts.

bewegingen op, terwijl bij 180°/sec een kortdurende en zeer weinig intensieve nystagmus zichtbaar werd, met de snelle phase tegengesteld aan de draairichting. De per-rotatoire verschijnselen waren eveneens met de 2e wet van Ewald in overeenstemming. Bij alle overlevende duiven was de spontane kopbeweging op de 3e dag na de ingreep verdwenen. Wel was dan reeds een duidelijke

kopverdraaiing zichtbaar van 10—20° in de richting van het ge-extirpeerde labyrinth in het frontale en horizontale vlak. De verschijnselen waren verder in beginsel gelijk aan die na de booggangdoorsnijding, doch de paradoxe reactie trad bij 3 van de onderzochte duiven in sterkere mate op. Tegenover het voordeel van het mede-uitschakelen van de verticale

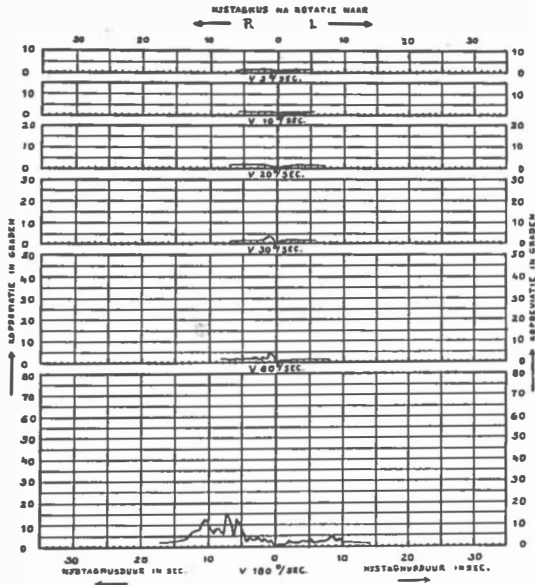


Fig. 25. Duif No. 936. Labyrinth-extirpatie rechts. Onderzoek direct na operatie.

booggangen stond het nadeel van de toenemende kopverdraaiing in de richting van de geëxtirpeerde zijde. De duif zit, zo lang geen prikkels doordringen, vaak vrij normaal, doch plotselinge prikkels, ook acoustische of tactiele, kunnen de kop zeer sterk doen verdraaien, zodat vooral enige tijd na de ingreep een omkering over 180° niet uitzonderlijk is. Op dit verschijnsel werd door *Ewald* en ook door *Huizinga* gewezen.

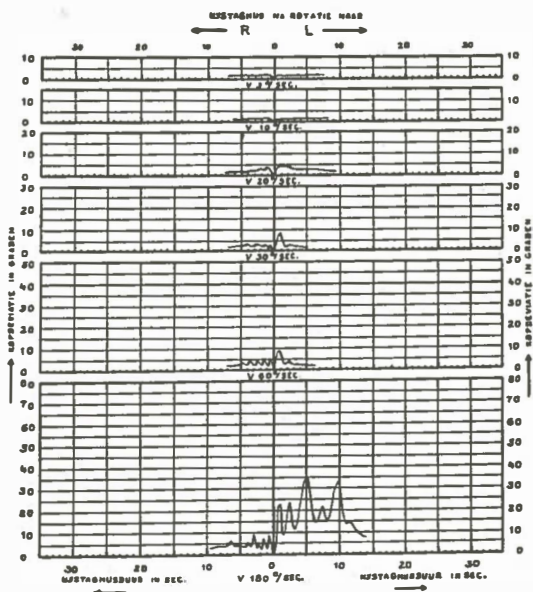


Fig. 26. Duif No. 936. Labyrinth-extirpatie rechts. Onderzoek 5 dagen na operatie (sterke paradoxe reactie).

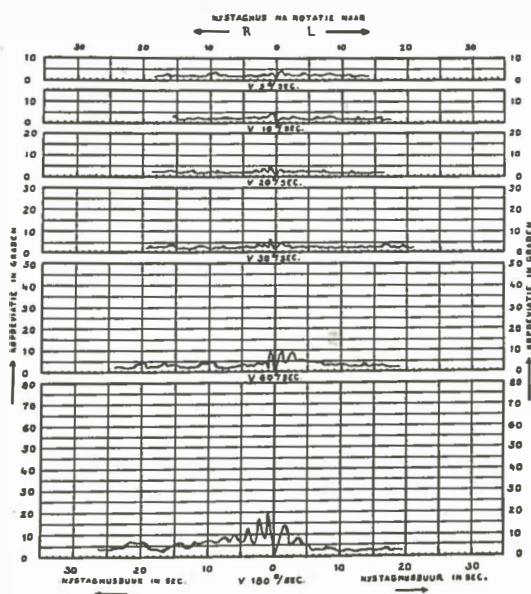


Fig. 27. Duif No. 936. Labyrinth-extirpatie rechts. Onderzoek 53 dagen na operatie.

Het vormt een tegenstelling met de toenemende compensatieverschijnselen bij de mens na éénzijdige labyrinth-uitval en het overbrengen van de bij het proefdier gevonden verschijnselen op de mens dient hier dus met grote voorzichtigheid te geschieden. Bij het onderzoek enige tijd na de ingreep, was het daardoor vaak nodig de stand van de kop door middel van

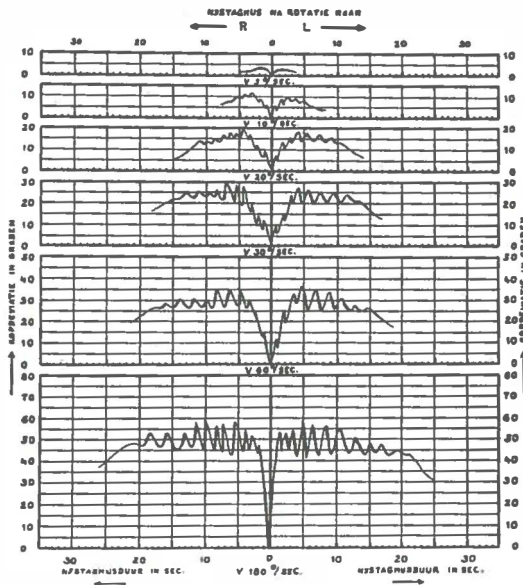


Fig. 28. Duif 942. Postrotatoire reacties van het normale dier bij verschillende impulsen na rotatie naar links en naar rechts.

de overlevende duiven was deze compensatie na 8—12 weken nog niet volledig. Bovendien vertoonden de dieren dan een vrij sterke instabiliteit van de kop, zodat in rust lichte tremorachtige kopbewegingen optraden in verschillende richting. Sterke prikkels gaven bovendien vaak aanleiding tot een totale omslag van de kop.

Duif no. 936 vormt

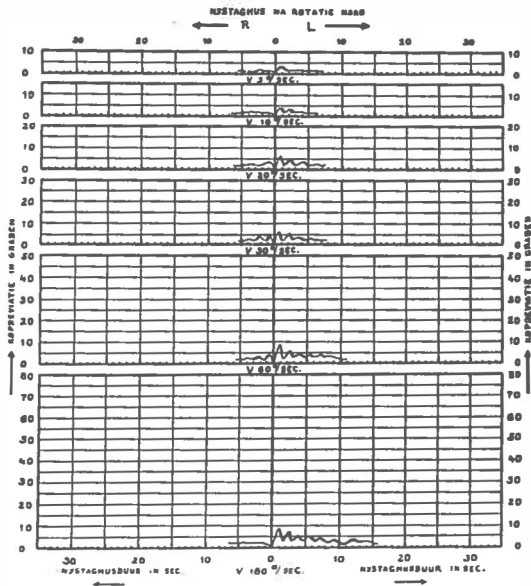


Fig. 29. Duif 942. Fenestratie links. Onderzoek direct na operatie. Tullio-reactie: Intacte crista horizontalis.

een draadje te corrigeren. Weliswaar worden hierdoor de reactieve kopbewegingen enigszins geremd, doch door het draadje boven op de kop te bevestigen kon de invloed op de bewegingen in het horizontale vlak tot een minimum worden beperkt. Ook bij de duiven na labyrint-extirpatie zagen wij een toenemende compensatie optreden in de zin van een gelijk worden van de reacties in beide draairichtingen, doch bij

een duidelijk voorbeeld van de duif na ééNZijdige labyrinth-extirpatie. De reacties van dit dier in normale toestand, direct na operatie en 3 dagen resp. 52 dagen daarna zijn in de fig. 24 tot 27 weergegeven.

4. Fenestratie van de horizontale booggang.

Om twee redenen was het voor ons van betekenis, naast de gevolgen van de bovengenoemde ingrepen

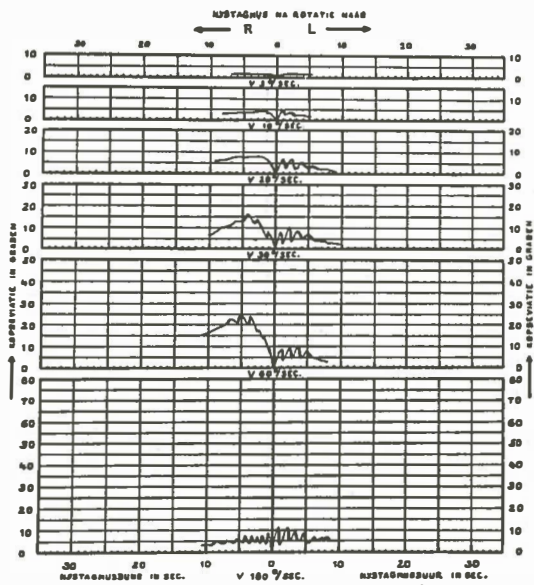


Fig. 30. Duif 942. Fenestratie links. Onderzoek 3 dagen na operatie.

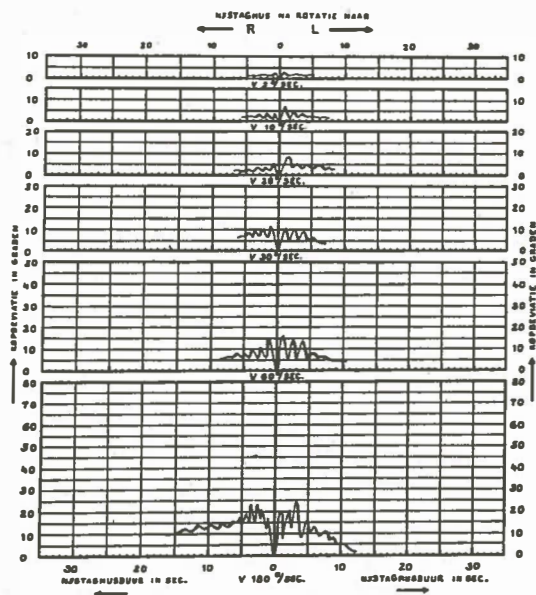


Fig. 31. Duif 942. Fenestratie links. Onderzoek 16 dagen na operatie.

ook nog de gevolgen van een eenvoudige booggangfistel na te gaan. In de eerste plaats was het wenselijk, om aan het labyrinth een zó kleine laesie toe te brengen, dat we een herstel van deze laesie zelf en niet het intreden van een centrale compensatie konden verwachten. In de tweede plaats zou dit experiment ons wellicht in de gelegenheid stellen, om een

parallel te vinden met de gelijksoortige laesie, die bij de mens voor de behandeling van otosclerose zo zeer in het centrum der belangstelling staat. De ingreep werd uitgevoerd bij 6 duiven, waarvan bij 3 aan de linker- en bij 3 aan de rechter zijde. Teneinde de overeenkomst met de operatie bij de mens zo volledig mogelijk te maken, werd de fistel aangebracht ver naar voren in het gladde einde van het kanaal en bij twee duiven tot in de ampul. Steeds werd zo zorgvuldig mogelijk gewaakt tegen een aanraking of beschadiging van de vliezige booggang. Bij alle op deze wijze geopereerde dieren werd direct na de operatie de reactie van *Tullio* nagegaan. De reactie van *Tullio* is een reactie van het labirynth op een inadequate geluidsprikkel, die optreedt, indien het toegevoerde geluid door een booggangfistel de betreffende crista kan prikkelen. Maakt men bijv. een fistel in de horizontale booggang aan de rechter zijde, dan zal een aan dat oor aangeboden toon van voldoende intensiteit aanleiding geven tot een horizontale kopdeviatie naar links, die bij aanhouden van de toon overgaat in een nystagmus met de snelle phase naar rechts, terwijl de kop in de gedevieerde stand blijft staan. Na het aanleggen van een fistel in een der verticale kanalen treedt eveneens een beweging op in het vlak van dat kanaal. Deze door *Tullio* in 1925 ontdekte reactie is o.m. door *Huizinga* en door *van Eunen* uitvoerig onderzocht. Het is zeker, dat het hierbij gaat om een specifieke reactie van de crista van de geopende booggang, hetgeen o.m. blijkt uit het prompte verdwijnen van de reactie na sluiten van de fistel en het wederoptreden na heropening daarvan en uit de mogelijkheid om een opgewekte postrotatoire reactie door middel van de *Tullio*-reactie op te heffen, te verzwakken of te versterken. De reactie van *Tullio* is een uitnemende indicator voor het al- of niet-functionneren van de crista van het geopende kanaal. Tijdens het aanleggen van een fistel gebeurt het n.l. heel gemakkelijk, dat ook het vliezige kanaal licht wordt beschadigd, vooral indien de fistel ver naar voren wordt aangebracht. Reeds bij een lichte beschadiging (die meestal van tijdelijke aard is), zien wij geen crista-reactie, doch in de plaats daarvan een kopneiging van het gepresenteerde geluid af optreden, die als een utriculus-reactie wordt opgevat. Voor onze proeven was het van grote betekenis om te weten of wij met een functionnerende crista te doen hadden of niet. Bij 2 der geopereerde dieren bleek

na prikkelen met een sterke toon geen horizontale kopdeviatie of nystagmus op te treden, doch een kopneiging, zodat we hier een (tijdelijke) crista-uitval moesten aannemen. In beide gevallen was de fistel zeer ver naar voren aangebracht. Bij de 4 andere duiven was een fraaie *Tullio*-reactie van het horizontale kanaal zichtbaar. Direct na de operatie vertoonden de dieren geen van allen duidelijke spontane verschijnselen. Bij 2 was een geringe kopdeviatie naar de geopereerde zijde zichtbaar. Bij één van deze dieren bestond een crista-uitval. Loop- of vliegafwijkingen waren in geen der gevallen duidelijk. Spontane kopbewegingen traden bij 3 duiven op. Wederom was de snelle phase gericht naar de niet-geopereerde zijde en werden de bewegingen uitgevoerd synchroon met de ademhaling. Bij onderzoek met rotatoire prikkels direct na de operatie, was het wederom opvallend, hoe sterk de intensiteit van alle reacties was gedaald. Voorts was in alle gevallen de reactie na rotatie in de richting van de geopereerde zijde sterker dan in de omgekeerde richting, ofschoon in het algemeen ook na rotatie naar de gezonde zijde reeds bij $20^\circ/\text{sec}$ een geringe reactie zichtbaar was. Bij 2 duiven vonden wij na rotatie naar de gezonde zijde eerst bij een impuls van $60^\circ/\text{sec}$ een reactie. Toch wees bij één dezer dieren de *Tullio*-reactie op een goed functionnerende crista, terwijl bij één der duiven, waarbij blijkens de *Tullio*-reactie de crista niet functioneerde, toch reeds bij $20^\circ/\text{sec}$ een reactie zichtbaar was. Een duidelijk verband tussen de postrotatoire reactie en het functioneren van de crista hebben we hier dus niet kunnen vinden. In het verloop van het onderzoek vonden wij bij alle duiven vrij snel een compensatie, die bij 2 duiven leidde tot een herstel tot het pre-operatieve peil in de loop van 3 tot 4 weken. Bij 4 duiven trad wel een compensatie in de zin van een gelijke duur en intensiteit van de reacties na links- en rechts draaien op, doch werd de oorspronkelijke intensiteit der reacties niet bereikt. Bij één duif was het herstel duidelijk trager dan bij alle anderen. Bij dit dier was de fistel zeer ver naar voren aangelegd tot in de ampul. De *Tullio*-reactie na operatie wees op een crista-uitval. Hier zien wij dus waarschijnlijk een overgang naar de booggangdoorsnijding en is de crista-uitval van langer durende of blijvende aard geweest. Van de gefenestreerde duiven vormt duif 942 een voorbeeld. De getekende grafieken van het onderzoek van het normale dier en van het geopereerde dier

direct na de ingreep en resp. 1 dag en 16 dagen daarna zijn in de fig. 28 tot 31 afgebeeld. De *Tullio*-reactie na operatie wees op een goed functionnerende crista.

Indien we deze proeven bij geopereerde duiven overzien, dan zijn er drie verschijnselen die treffen. In de eerste plaats de steeds weer imponerende daling in intensiteit van alle verschijnselen na de ingreep, waarbij een herstel slechts optreedt in gevallen van een zeer lichte en voorbijgaande laesie; in de tweede plaats het in overstemming met de 2e wet van *Ewald* optredende overwicht van het niet gelaedeerde labyrinth bij ampullopetale prikkeling na de ingreep; in de derde plaats de afwijkingen, die ten opzichte van deze regel na enkele dagen vrij frequent optreden en waarbij dus óf de ampullofugale stroom óf de intredende centrale compensatie aanleiding geven tot een sterkere, doch trage reactie na rotatie in de richting van het niet-gelaedeerde labyrinth. We zullen bij het onderzoek van patienten zien in hoeverre deze vondsten ook in de kliniek van waarde zullen blijken te zijn.

HOOFDSTUK VII.

Enkele gegevens en uitkomsten betreffende het onderzoek van patienten.

In de loop van 2 jaar werden ongeveer 150 patienten onderzocht. Het merendeel van hen bezocht onze polikliniek wegens klachten over duizeligheid; bij een deel van hen vond het onderzoek plaats op grond van vermoede vestibulaire afwijkingen, in samenhang met neurologische afwijkingen. Wij kunnen hieruit een groep patienten afzonderen met een schedeltrauma in de anamnese. Een andere groep wordt gevormd door patienten, die met streptomycine werden behandeld en waarbij een geregelde contrôle plaats vond van de vestibulaire en acoustische functie. Apart dienen ook genoemd te worden, een reeks patienten, bij wie de fenestratie-operatie voor otosclerose werd uitgevoerd en bij wie wij vóór en na de operatie de vestibulaire functie nagingen. Helaas is een logische indeling naar aetiologie of symptomatologie bij de meeste patienten niet mogelijk; bij een groot deel was de aetiologie te onzeker en de symptomatologie te veelvormig. Er werd getracht om bij elke patient door de anamnese en het onderzoek een zo volledig mogelijk inzicht te krijgen in de vestibulaire functie en de eventuele laesie zo nauwkeurig mogelijk te localiseren, teneinde aanwijzingen te verkrijgen voor de in te stellen therapie.

De bedoeling van dit proefschrift is in de eerste plaats, om vast te stellen welke waarde de verschillende gebruikte onderzoekingsmethoden in de practijk hebben voor:

- a. het aantonen of uitsluiten van een vestibulaire stoornis;
- b. de localisatie van deze stoornis.

Ons onderzoek bestond uit 3 gedeelten: de anamnese, het onderzoek naar spontane verschijnselen en het onderzoek van de reacties op toegediende prikkels. Daarnaast werd bij alle patienten een oor-onderzoek ingesteld, waarbij in het bijzonder werd gelet op het bestaan van het fistelsymptoom, de doorgankelijkheid

der tubae en de gehoorscherpthe; indien deze laatste subjectief, of bij het onderzoek door middel van de fluisterspraak, niet volkomen normaal bleek, werd steeds een audiogram gemaakt. Het merendeel der patienten werd op de neurologische afdeling van dit ziekenhuis (Hoofd: Prof. Dr. G. Kraus) onderzocht, terwijl in alle daartoe in aanmerking komende gevallen een oogheekundig of intern onderzoek werd ingesteld op de betreffende afdelingen (Hoofden: resp. Prof. Dr. H. M. Dekking en Prof. Dr. F. S. P. van Buchem). Deze samenwerking is hier van de allergrootste betekenis. Op deze wijze kunnen belangrijke aanwijzingen worden verkregen voor de topische diagnostiek.

De anamnese kan ons in een aantal gevallen belangrijke inlichtingen verschaffen: leeftijd, vroegere ziektes, trauma, oorontsteking, gebruik van geneesmiddelen en misbruik van genotmiddelen, doofheid, oorsuizen en vooral ook andere lasten dan duizeligheid. Daarnaast zijn de inlichtingen, die ons de patient geeft door een nauwkeurige beschrijving van zijn klachten, van groot belang. Het geven van goede beschrijvingen is helaas voor vele patienten uiterst moeilijk en in een aantal gevallen zullen wij aan onze vraagstelling een zekere richting moeten geven, waarbij suggestieve vragen dienen te worden vermeden. Een moeilijkheid hierbij is, dat vele patienten geneigd zijn om alle, ook zeer lichte, stoornissen in hun ruimtelijke relatie tot de omgeving als duizeligheid te betitelen. Een goede definitie van het begrip duizeligheid is eigenlijk niet te geven. Door de meeste auteurs is hierbij getracht de typische vestibulaire duizeling af te grenzen van alle lichte stoornissen, die bij anaemie, congestie etc. voorkomen. In de meeste definities wordt dan ook op een *schijnbeweging* de nadruk gelegd naast een sensatie, die meestal van onaangename aard is. Zo zegt Wundt, dat duizeligheid het gevoel is van heftig draaien van het hoofd, gepaard gaande aan een gevoel van misselijkheid. Oppenheim legt de nadruk op het onlustgevoel, veroorzaakt door een gevoel van evenwichtsverlies. Wollenberg noemt als criterium, het gevoel van radeloosheid met betrekking tot de lichamelijke verhouding tot de omgevende ruimte. Bárány noemt duizeligheid het gevoel van bedruktheid, gepaard gaande aan de schijnbeweging van het eigen lichaam of de omgeving. Ook Brunner omschrijft duizeligheid als een gevoel van specifiek karakter, steeds gepaard gaande met

bewegingsgewaarwording en meestal met onlustgevoelens. *Leidler* definieert de duizeligheid als een ongewone bewustzijnsstoestand, gekenmerkt door een bewegingswaarneming van het eigen lichaam of de omgeving en gepaard gaande aan een eigenaardig gevoel van lichamelijke onzekerheid.

Het bewegingskarakter onderscheidt in vele gevallen de vestibulaire duizeligheid van een aantal andere onbestemde sensaties van ruimtelijke onzekerheid, waarover patienten kunnen klagen. In een niet onbelangrijk gedeelte van de door ons onderzochte patienten ging de aanwezigheid van een typische vorm van duizeligheid gepaard met aantoonbare spontane stoornissen of abnormale reacties op toegediende prikkels. Omgekeerd waren er verscheidene patienten met zeer weinig typische klachten voor een vestibulaire stoornis, waarbij toch duidelijke afwijkingen waren te vinden. Zelfs vonden wij enkele malen aparte afwijkingen bij patienten, die generlei subjectieve stoornis hadden.

Volgens *Leidler* zal elke stoornis in de organen en systemen, die tot taak hebben ons omtrent onze positie in de ruimte in te lichten, aanleiding kunnen geven tot duizelingen. Een nauwkeurige begrenzing of localisatie van deze systemen en banen is echter nog onvoldoende bekend, ondanks het vele, op dit terrein verrichte werk. *Jones* en *Fisher* kwamen op grond van klinische en pathologisch-anatomische gegevens tot bepaalde localisaties, die aanleiding geven tot het optreden van karakteristieke combinaties van verschijnselen en gewaarwordingen. Dit berust echter voor een belangrijk deel op de hypothese, dat in het C.Z.S. een vestibulo-oculaire baan, die prikkels voortgeleidt, die aanleiding geven tot nystagmus, kan worden onderscheiden van een vestibulo-cerebellaire baan, die met zijn verbindingen naar de cortex cerebri, verantwoordelijk zou zijn voor het optreden van duizelingen. Hierbij zouden de centrale banen van de verticale booggangen een ander verloop hebben, dan die der horizontale booggangen. Een anatomische basis voor deze hypothese ontbreekt echter. Vele andere onderzoekers hebben gepoogd circumscripte gebieden aan te geven in de cortex cerebri, het cerebellum, de vestibulaire kerngebieden of elders in de hersenstam, die voor het opwekken van duizeligheid van betekenis zouden zijn. Verschillende dezer opvattingen zijn met elkaar in tegenspraak. In elk geval blijkt, dat zéér verschil-

lende laesies tot duizelingen aanleiding kunnen geven. Onder deze onderzoekers noemen wij van de Weense school *Ruttin*, *Leidler*, *Spiegel* en *Alexander*. Van Franse zijde zijn het vooral neurologen als *Barré*, *Guillain*, *Thomas* en de otoloog *Aubry* geweest, die getracht hebben een systeem te brengen in de klinische symptomen en de subjectieve klachten.

Uit de bekende verschijnselen in aansluiting aan traumata en labyrinthitis is wel zeker, dat een duidelijke draaiduizeligheid, waarbij de patient de draairichting goed kan aangeven en waarbij deze in overeenstemming is met de objectieve symptomen van valrichting, voorbijwijken en nystagmusrichting en een éézijdige binnenoordoorfheid, met vrij grote zekerheid wijst op een perifere oorsprong. Hiertegenover stelt *Barré* de *dysharmonie vestibulaire*, waarbij de verschillende symptomen *niet* met elkaar in overeenstemming zijn en waarvan het voorkomen wijst in de richting van een centrale aandoening. Verscheidene onderzoekers hebben syndromen gevonden, die zouden wijzen op laesies in *cerrebellum*, *pons*, etc., doch waarbij helaas pathologisch-anatomisch onderzoek in de meeste gevallen niet plaats had. Omtrent de supra-vestibulaire syndromen bestaat dientengevolge nog een grote onzekerheid en verdeeldheid van mening, zodat een exacte diagnose vaak niet mogelijk is.

De duidelijk uitgesproken vormen van draaiduizeligheid, die meestal in kortdurende aanvallen optreden, zijn in het algemeen het gevolg van een perifere laesie, terwijl centrale stoornissen in de meerderheid der gevallen aanleiding geven tot langer durende duizelingen van minder uitgesproken draaikarakter. Het blijft echter een globale onderscheiding en bij de diagnostiek der centrale stoornissen zijn wij voor een belangrijk deel aangewezen op de begeleidende neurologische symptomen.

Na de anamnese vormt het onderzoek naar de spontane verschijnselen een belangrijk onderdeel. Hierbij noemen wij in de eerste plaats de proef van *Romberg*, eerst met het hoofd in de normale positie en vervolgens naar links, naar rechts, voorover en achterover gedraaid. In gevallen van een perifere stoornis is dan soms merkbaar, dat de valrichting de positie van het hoofd volgt. Bij het doen uitvoeren van deze proef dient men er rekening mee te houden, dat behalve bij vestibulaire evenwichtsstoornissen, ook

in gevallen van perifere neurologische aandoeningen, als tabes dorsalis en zelfs bij overigens normale — vooral oudere — individuen, het bewaren van het evenwicht bij uitschakeling van de visuele correctie, moeilijkheden kan opleveren. In sterkere mate treedt dit aan het licht bij de uitvoering van een modificatie, waarbij de patient de voeten achter elkaar plaatst en aldus zijn steunvlak aanzienlijk verkleint (*Romberg sensibilisé*, proef van *Mann*). In tegenstelling tot de echte vestibulaire stoornissen treedt bij de perifere stoornissen de uitwijking uit de verticale stand vaak eerst aan de extremiteiten op en is niet constant van richting. Geringe afwijkingen kunnen soms fraai aan het licht worden gebracht door gebruik te maken van een schietlood; hierdoor zijn langzaam optredende deviaties veel beter zichtbaar te maken (*Romberg à fil de plomb*). Steeds dient men eventueel gevonden afwijkingen te verifiëren door herhaling van het onderzoek. In die gevallen, waar de gevonden afwijkingen niet zeer duidelijk zijn, is het gewenst bij de waardering een grote mate van terughoudendheid te betrachten.

Afwijkingen bij het lopen werden bij alle patienten nagegaan door hen vóór- en achterwaarts te laten lopen met een blinddoek. Met name bij perifere aandoeningen is hierbij vaak een constante richtingsafwijking waarneembaar. In een aantal gevallen konden wij een duidelijke „marche en étoile” constateren, waarbij de patient, steeds vóór- en achteruitlopend, tenslotte geheel om zijn as is gedraaid. Hetzelfde kan men bereiken door de patient met gesloten ogen de pas te laten markeren (Tretversuch van *Lichtenberger*). Spontane verschijnselen aan de extremiteiten kunnen voorts worden aangetoond door een onderzoek naar spontaan voorbijwijken in de verschillende booggangsvlakken volgens *Quix*, die er van uitgaat, dat elke crista een invloed uitoefent op de tonus, hoofdzakelijk van de homolaterale lichaamshelft en gericht in het vlak van de betreffende booggang. Slechts bij duidelijke stoornissen zullen wij kunnen verwachten met behulp van deze proeven eensluidende resultaten te verkrijgen. Wij zagen dit bijvoorbeeld bij een patient, die tijdens zijn verblijf in de kliniek een *Menière*-aanval kreeg.

Met behulp van de bril van *Frenzel* werden vervolgens alle patienten onderzocht op het bestaan van een spontane nystagmus. Hierbij maken wij onderscheid tussen een nystagmus van de eerste,

tweede en derde graad volgens de indeling van *Alexander*. De 1ste graads nystagmus treedt het makkelijkst en ook het meest veelvuldig op, doch men moet hierbij zorgvuldig een instel-nystagmus, (die volgens *Bárány* bij 60 % van alle normale personen optreedt), uitsluiten. De instel-nystagmus duurt zeer kort en treedt in beide uiterste blikrichtingen op. Toch kan een duidelijk verschil in frequentie, amplitude of duur en de hoek, waaronder een nystagmus in één der blikrichtingen optreedt in een aantal gevallen doen besluiten tot het aannemen van een geringe spontane nystagmus in die richting. *Bárány* maakte hiertoe gebruik van een goniometer en liet de patient naar het eind van het, onder een bepaalde hoek gefixeerde staafje kijken, zodat hij een indruk kon krijgen van de hoek van de blikrichting, waaronder een nystagmus optrad. Vooral bij patienten met lichte visusklachten, spoedig intredende vermoeidheid en nervositeit treedt een instel-nystagmus zeer gemakkelijk op. Het is natuurlijk zeer veilig om een spontane nystagmus slechts aan te nemen in die gevallen, waar deze van de 2e graad is, doch hiermee sluit men een groot aantal lichte gevallen uit.

Een aanwezige spontane nystagmus kan ons door zijn duur, intensiteit, frequentie en richting vaak enige aanwijzingen geven omtrent de localisatie. Zo is een maandenlang bestaande nystagmus een zekere aanwijzing voor een centrale laesie, evenals een zeer grove nystagmus van geringe frequentie en grote amplitude. In het algemeen wordt een verticale nystagmus geacht van centrale oorsprong te zijn. *Mygind* beschreef echter een verticale nystagmus, die zeker van perifere oorsprong was. De perifere nystagmus gaat op de duur steeds terug door een centrale compensatie. Het geheel der verschijnselen kan zeer onoverzichtelijk worden, doordat door elkaar, of achtereenvolgens, symptomen van prikkeling en uitval optreden (*lésions à double effet v. Barré*). Aanwijzingen kunnen soms worden verkregen uit de gehoorsscherpte en de aanwezigheid van verschijnselen van de zijde der andere hersenzenuwen.

Steeds letten wij op het bestaan van een latente nystagmus, die geacht wordt van oculaire oorsprong te zijn en waarbij volgens *Roelofs* het waarnemen van contouren door één der beide ogen, van doorslaggevende betekenis is. De verschillende optische nystagmusvormen, die onderscheiden dienen te worden van de ves-

tibulaire, vormen een buitengewoon interessant gebied, waarover vooral door *Ohm* en *von Graefe* en in de laatste decennia vooral ook in Nederland door verschillende onderzoekers, met name door *de Kleyn* en medewerkers, veel werk is verricht. *Ohm* heeft steeds de nadruk gelegd op de nauwe verwantschap, die er tussen beide zou bestaan. Het belangrijkste uiterlijke verschil is gelegen in het ontbreken van een duidelijk phaseverschil bij de optische nystagmusvormen, doch wij zagen bijvoorbeeld bij de congenitale nystagmus twee maal echte nystagmuslagen optreden met een duidelijke langzame en snelle phase.

Wij onderzochten alle patienten op de aanwezigheid van een positie nystagmus. Dit verschijnsel, dat door *Bárány* in 1907 bij een aantal patienten werd beschreven, werd volgens hem uitgelokt door de *beweging* van het hoofd en toegeschreven aan een invloed der otolithen. Het is nog een twistpunt in hoeverre de otolithen hierbij inderdaad een primaire rol spelen. De experimenteel nimmer aangetoonde mogelijkheid om door otolith-prikkeling een nystagmus op te wekken, noopt in deze tot grote reserve. De door *Rothfeld* ontdekte positie nystagmus bij het konijn na alcohol-vergiftiging heeft aanleiding gegeven tot een grote serie experimenten door verschillende onderzoekers. *De Kleyn* en *Versteegh* opperen de mogelijkheid, dat de otolith-reflexen door abnormale schakelingen kunnen overgaan op de booggangsbanen. Een groot gedeelte van de bij patienten gevonden gevallen van positie nystagmus berust zeker op centrale afwijkingen, doch in de loop der jaren zijn de mededelingen betreffende positie nystagmus van perifere aard talrijker geworden (o.a. *Gerlings*). Door *Nylén* is een indeling van de positie nystagmus gegeven, waarbij hij onderscheid maakt tussen een richtings-veranderlijke (type I) en een richtings-vaste (type II) vorm. De laatste vorm treedt slechts bij het innemen van bepaalde posities aan het licht, of wordt daarbij sterker en zou volgens *de Kleyn* een spontane nystagmus kunnen zijn, die onder invloed van een bepaalde positie manifest wordt. Deze vorm kan het gevolg zijn van een perifere stoornis, terwijl de positie nystagmus, die onder invloed van bepaalde posities van richting verandert, op een centrale stoornis zou wijzen. Deze indeling van *Nylén*, die min of meer overeenkomt met één, die door *Seifert* is gegeven, is nog uitgebreid met enkele vormen, die

vooral door *de Kleyn* en zijn medewerkers zijn onderzocht: positie nystagmus opgewekt door halsreflexen (*de Kleyn* en *Versteegh*), positie nystagmus door laesie der cervicale wortels (*Biemond*), positie nystagmus tengevolge van vaat-anomalieën aan de schedelbasis (*de Kleyn* en *Nieuwenhuys*) en een inductieve vorm van positie nystagmus (*de Kleyn* en *v. Devivere*). Van praktisch belang zijn deze vormen in zoverre, dat het steeds wenselijk is de patient ook in zijligging te onderzoeken en niet slechts met het hoofd opzij.

Vaatanomalieën aan de schedelbasis kunnen bij sterk achterover en zijwaarts buigen van het hoofd een rol spelen, doordat in deze houding de art. vertebralis soms wordt dichtgedrukt. Indien de art. auditiva interna niet uit de art. basillaris doch uit de art. vertebralis ontspringt, of indien de art. vertebralis zeer nauw is, kan, althans tijdelijk, de bloedvoorziening van het labyrint aanzienlijk verminderd zijn en aanleiding geven tot stoornissen in het evenwicht. In een aantal gevallen zal ook bij een normale anatomie, na een doorstaan schedeltrauma het nog zeer labiele evenwicht door de bovengenoemde houding verstoord kunnen worden en duizelingen met een nystagmus van korte duur tengevolge kunnen hebben.

Bij het onderzoek door prikkeling van het vestibulaire orgaan dient in de eerste plaats het onderzoek naar het bestaan van het fistelsymptoom te worden genoemd. De aanwezigheid van een positief fistelsymptoom is zeer belangrijk en wijst vrijwel steeds op een aanvreten van het benige labyrint door een otitis media. Gevallen van een positief fistelsymptoom zonder otitis, zoals deze bij congenitale lues o.a. zijn beschreven door *Hennebert*, zijn zeer zeldzaam.

Van de verschillende prikkelmethoden werden door ons uitsluitend de rotatoire en calorische toegepast op de wijze, zoals wij die in de vorige hoofdstukken uitvoerig hebben beschreven. Een onderzoek door middel van galvanische prikkels verrichtten wij niet. Hoewel het aangrijpingspunt niet geheel bekend is, geeft het dierexperiment aanwijzingen, dat wij hierdoor toch inlichtingen kunnen krijgen over de toestand van de N.vestibularis (*Huizinga*). Het is in één opzicht jammer, dat wij dit onderzoek hebben nagelaten: het zou interessant geweest zijn om bij een aantal met streptomycine behandelde patienten, bij wie wij calorisch en rotatoir geen reactie vonden, na te gaan of nog een galvanische prikkelbaarheid bestond. Evenmin verrichtten wij een onderzoek naar de kipreacties.

Van onze patienten zullen wij degenen, die onderzocht werden op grond van een behandeling met streptomycine en de patienten,

die een fenestratie-operatie van het labyrinth wegens otosclerose ondergingen, apart beschouwen. Het is bij de overige 98 patienten steeds een bezwaar gebleken, dat zij voor onderzoek kwamen op een tijdstip, dat zij in staat waren om te reizen en dat dus de duizeligheid niet ernstig was. Door deze omstandigheden is het begrijpelijk, dat wij vaak geen duidelijke symptomen vonden. Een tweede moeilijkheid bij de meeste patienten, die aan duizelingen lijden is, dat de aanvallen, die meestal ook met een psychisch gevoel van onzekerheid gepaard gaan, een sterk neurotiserende invloed plegen te hebben, waardoor de aangiften en de reacties van de patient aanzienlijk worden beïnvloed. Indien wij bij de bovengenoemde groep patienten achtereenvolgens de verschillende klachten en symptomen nagaan, blijkt dat 53 van de 98 patienten een uitgesproken draai-duizeligheid hadden, die in aanvallen optrad. Tussen de aanvallen voelden zij zich over het algemeen vrij goed; sommige patienten waren dan geheel klachten-vrij, doch het merendeel voelde zich ook dan vaak wat onzeker, vooral bij snelle bewegingen. Het sterkst was dit het geval bij patienten na een trauma capitis. De andere 45 patienten konden zich geen draaisensaties herinneren. Bij hen was de duizeligheid veel minder duidelijk van karakter; vaak werd gesproken van een zweven of zwemmen, in enkele gevallen was sprake van een gevoel van lateropulsie of een gevoel van wegzakken in een diepte. Bij deze laatste categorie waren 19 patienten, bij wie het onderzoek meer of minder duidelijk wees op een centrale stoornis. Bij de andere 26 bestonden soms wel lichte vestibulaire verschijnselen, doch deze waren toch niet van dien aard, dat hierdoor een organisch lijden zeker kon worden aangenomen.

Bij de 53 eerstgenoemde patienten was dit in een veel groter percentage het geval. Bij 47 van hen bestond een typisch *Menière*-syndroom, dus aanvallen van draaiduizeligheid, gepaard gaande met braken en misselijkheid, vaak ook vasomotore verschijnselen, benevens oorsuizen en een asymmetrische binnenoordoorfheid. Bij 33 van hen bestonden buiten de vestibulaire en cochleaire verschijnselen geen aanknopingspunten voor een andere stoornis. Bij 14 was dit wel het geval: 3 patienten hadden een trauma capitis in de anamnese, 2 hadden een beginnende arteriosclerosis cerebri, waarbij neurologisch lichte verschijnselen van de zijde van cerebrum

of cerebellum aantoonbaar waren; bij 1 patient leek een nicotine-abusus in oorzakelijk verband tot de klachten te staan, hetgeen ook door een verbetering na nicotine-onthouding waarschijnlijk werd gemaakt; bij 3 patienten diende een vroeger doorgemaakte mastoiditis met labyrinthprikkeling als oorzaak overwogen te worden, al leek bij 1 van hen een geringe voldoening in het dagelijks werk een belangrijk moment te vormen; bij 1 patient was een doorstane griep-encephalitis waarschijnlijk de oorzaak; 2 patienten hadden duidelijke migraine-aanvallen, waarbij de duizeligheid als begeleidend verschijnsel, of als equivalent optrad; 1 patient leed aan epileptische insulten; 1 patient leed aan essentiële hypertensie met heftige hoofdpijn.

Bij de 53 patienten met draaiduizeligheid kon het merendeel ook spontaan een richting van de draaiing, meestal van de omgeving, aangeven, terwijl in 25 gevallen de draairichting in overeenstemming met (dus tegengesteld aan) de valrichting was. Bij 11 patienten was de valrichting bij de proef van *Romberg* of de loop-afwijkingen niet in overeenstemming met de aangegeven draairichting van de omgeving. Bij de rest (17) was geen duidelijke valrichting of loop-afwijking waarneembaar, of kon de patient zich de draairichting niet goed herinneren. Bij de typische *Menière*-lijders bleken de verschijnselen vrij vaak systematisch en harmonisch te zijn. Ook met de spontane nystagmus — indien deze aantoonbaar was — bleek dit dikwijls het geval te zijn. Wij vonden bij de bovengenoemde groep van 53 patienten in 9 gevallen een spontane nystagmus, die met de snelle phase gericht was naar de gezonde zijde, dus tegengesteld aan de valrichting. In 3 gevallen was de nystagmusrichting niet met de andere verschijnselen in overeenstemming. Eén keer was dit het geval bij een patient, die tijdens een *Menière*-aanval binnenkwam en bij wie het oorsuizen en de doofheid op een aandoening links wezen, terwijl de nystagmus eveneens naar links sloeg. Wij menen, dat hier tijdens de aanval een prikkelingstoestand van het betreffende labyrinth bestond. Het spontane voorbijwijken, de valrichting en de loop-afwijkingen waren hier naar rechts gericht.

Indien wij tegenover deze groep van 53 patienten de andere 45 stellen, dan is het verschil opmerkelijk. Een draairichting konden zij, zoals gezegd, niet aangeven. Bij 11 leverde het onderzoek

naar valrichting, loop-afwijkingen of spontaan voorbijwijken een positief resultaat op, terwijl bij 5 patienten een spontane nystagmus aanwezig was. Deze afwijkingen waren slechts in 3 gevallen met elkaar in overeenstemming. Weliswaar is het door ons onderzochte aantal patienten te gering voor conclusies, doch het verschil met de eerstgenoemde groep is duidelijk. Onder de tweede groep bevinden zich relatief dus een veel groter aantal patienten met een *dysharmonie vestibulaire*. Bovendien scholen onder deze groep een veel groter aantal, waarvan de klachten berustten op neurasthenie of op een neurotische basis, zoals uit het volledige normale resultaat van het verdere onderzoek bij 15 van hen waarschijnlijk werd.

Het onderzoek naar het bestaan van een positie nystagmus leverde bij de gehele reeks van 98 patienten in 12 gevallen een positief resultaat op. Bij 8 vonden wij een nystagmus, die bij een bepaalde positie optrad en steeds in dezelfde richting sloeg (type II van *Nylén*), bij 4 wisselde de nystagmus van richting (type I). Hierbij dient opgemerkt, dat wij meer moeite hadden de laatste nystagmusvorm te onderkennen, dan de eerste en dat wij dus met het aannemen van deze vorm voorzichtiger waren. In een aantal gevallen vonden wij een geringe nystagmus van de eerste graad, die kort duurde (enkele seconden), doch die wij in verband met een eveneens aanwezige eindstand nystagmus niet met zekerheid als een positie nystagmus durfden te interpreteren. In 5 gevallen kwam de positie nystagmus overeen met een bij het verdere onderzoek gevonden richtingsvoorkeur en wij neigen er dan ook met *de Kleyn* toe, in deze gevallen de positie nystagmus te zien als een manifest wordende spontane nystagmus, die door de centrale compensatie latent was geworden. In 3 gevallen bestond in de anamnese een vestibulair letsel. Zeer duidelijke gevallen van positie nystagmus zagen wij bij de door ons onderzochte patienten niet en dit is ook begrijpelijk: enerzijds vertonen patienten met een duidelijke perifere laesie enige tijd een spontane nystagmus; in deze gevallen is geen sprake van een duidelijke positie nystagmus; aan de andere kant komt de positie nystagmus bij centrale stoornissen meestal voor bij vrij uitgebreide laesies als tumoren (*Nylén*), multipale sclerose etc. Bij de door ons onderzochte patienten kwamen deze ziektebeelden niet voor.

Indien wij ons thans wenden tot de resultaten van het rotatoire

en calorische onderzoek, dan zullen wij in de eerste plaats nagaan, welke gegevens wij konden putten uit het onderzoek naar de postrotatoire sensatieduur en de bepaling van het minimum-perceptibile. Bij de 98 onderzochte patienten konden wij in 61 gevallen een betrouwbaar lijkende sensatiecurve verkrijgen. Bij 37 patienten was de spreiding der gevonden waarden zó groot, dat wij geen curve konden verkrijgen. Voor een deel vindt dit zijn oorzaak hierin, dat een aantal patienten in het geheel niet in het onderzoek geïnteresseerd was. Bovendien geschiedde het onderzoek veelal poliklinisch en waren de patienten nerveus of vermoeid. Het is waarschijnlijk, dat een uitvoering van het onderzoek gedurende een klinische observatie-periode tot betere resultaten zou hebben gevoerd. Toch stemt dit resultaat wel overeen met hetgeen wij bij de normale proefpersonen bereikten.

Van de patienten, bij wie het niet mogelijk was een betrouwbare sensatiecurve te verkrijgen, behoort een groot gedeelte (23) tot de categorie met vage klachten, bij wie ook het verdere onderzoek niet veel aan het licht bracht. Bij 27 van de 61 patienten, bij wie een sensatiecurve werd verkregen, was de curve plateau-vormig. Een verhoogd minimum-perceptibile zagen wij bij 25 patienten. Een verschil tussen de sensatieduur na links- of rechtsdraaien zagen wij nimmer. In 4 gevallen zagen wij een opmerkelijk steil verloop, waarbij ook het verdere onderzoek een overprikkelbaarheid van het vestibulaire apparaat deed vermoeden. Bij een 9-tal patienten zagen wij een zeer vlak verloop van de curve, die sterk naar rechts was verschoven tengevolge van een zeer hoog minimum-perceptibile. Ook hierbij bestond een overeenkomst met de zeer lage waarden van het rotatoire en calorische nystagmusonderzoek. In totaal vonden wij bij 43 patienten een sensatiecurve, die hetzij door het minimum-perceptibile, hetzij door het verloop en de helling afweek van de gemiddelde „normale” curve; al deze curven zagen wij echter, zij het bij uitzondering, ook bij normale proefpersonen.

Duidelijker waren de resultaten bij het onderzoek naar de postrotatoire nystagmus. Bij 14 patienten konden wij geen nystagmuscurve verkrijgen, die betrouwbaar leek. Hier was de oorzaak gelegen in gebrek aan medewerking van de zijde van de patient, die na de rotatie de ogen dichtkneep, of zoveel willekeurige en onwillekeurige bewegingen maakte met de oogleden of de ogen,

dat van een goed volgen van de nystagmusbewegingen slechts bij sterke impulsen sprake kon zijn. Bij 12 patienten vonden wij een spontane nystagmus, die het onderzoek naar de postrotatoire nystagmus waardeloos maakte. Bij 72 patienten vonden wij een nystagmuscurve, die aan redelijke eisen van betrouwbaarheid voldeed. In 10 gevallen was hierbij een overwicht van de nystagmus na draaien in een der beide richtingen zichtbaar, dat steeds overeenkwam met een calorisch gevonden richtingsvoorkeur, of een overwicht van een der beide labyrinthen. In een groot deel der gevallen besloten wij tot een onder de invloed van de prikkel manifest wordende spontane nystagmus, die latent was geworden door de centrale compensatie. In 5 gevallen was dit overwicht van de nystagmus toe te schrijven aan een doorstaan trauma of een ziekte met uitschakeling van één labyrinth, terwijl in de andere gevallen een idiopathische *Menière* de oorzaak vormde. De sensatiecurve — voor zover betrouwbaar lijkend — had hierbij in 6 gevallen een plateauvorm, doch was bij 2 patienten normaal. Bij één dezer patienten waren alle symptomen zeer fraai met elkaar in overeenstemming en was het resultaat van de ingestelde therapie goed te volgen:

Een man van 47 jaar lijdt sedert 10 jaar aan aanvallen van duizeligheid, gepaard gaande met braken en misselijkheid. De aanvallen nemen in frequentie toe. Tussen de aanvallen voelt hij zich vrij goed, doch ook niet geheel zeker bij snelle bewegingen, terwijl hij toenemend doof wordt aan het rechter oor. Tijdens de aanvallen is het hem of de wereld als een tol om hem heendraait (hij meent naar links). Hij is reeds enige keren gevallen, o.a. een keer met de fiets in een sloot aan de rechter kant van de weg. Na een aanval, die soms enkele minuten, soms enkele uren duurt, voelt hij zich de gehele dag erg moe en

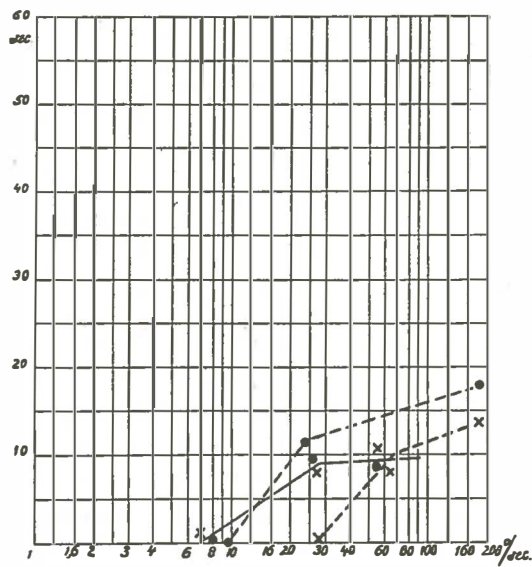


Fig. 32a

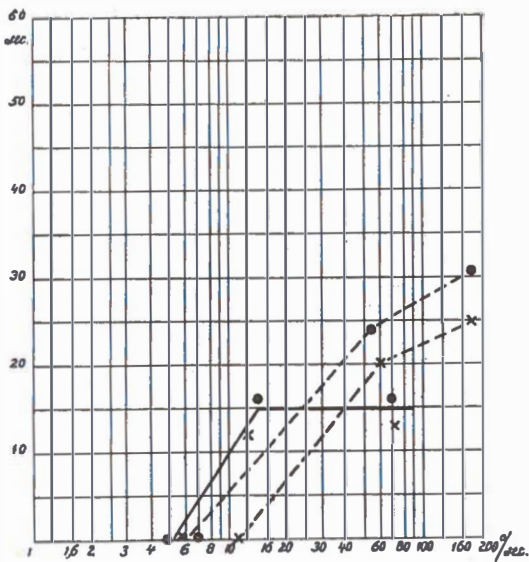


Fig. 32b

delijk overwicht van de nystagmus na rotatie naar rechts, benevens een overwegen van de nystagmus na calorische prikkeling van het linker labyrint (fig. 32a en fig. 33). Alles wijst bij deze patient dus op een perifere vestibulaire stoornis aan de rechter zijde.

De behandeling bestond aanvankelijk uit een vocht- en zoutarm diët met luminal. Patient voelde zich hierna subjectief wel beter, doch in de volgende 8 weken trad nog 3 keer een aanval op. Met behoud van het diët gaven wij

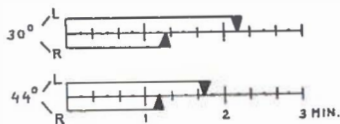


Fig. 33

toir onderzoek een duidelijke verbetering ten opzichte van het vorige onderzoek (fig. 32b). Het calorische onderzoek toonde geen verandering; ook het audiogram was gelijk gebleven. Het oorsuizen was volgens patient afgenomen en dientengevolge was zijn gehoor subjectief verbeterd.

Bij het merendeel van de door ons onderzochte patienten met duizeligheid klopten de symptomen niet zo fraai met elkaar; hierbij moesten wij dikwijls differentiëren tussen centrale stoornissen of de invloed van de centrale compensatie van de perifere stoornis. In een aantal gevallen vonden wij een duidelijk richtingsvoorkeur van de nystagmus bij calorische prikkeling. Zoals wij in de hoofd-

loom en heeft een zwaar gevoel in de benen en armen.

Bij onderzoek vertoont patient een duidelijke valneiging naar rechts en loopafwijkingen in dezelfde richting. Er is geen spontane nystagmus doch wel een geringe \curvearrowright nystagmus naar links bij rechter zijligging. Neurologisch onderzoek brengt behalve de positieve Romberg niets aan het licht. De trommelvliezen zijn normaal, er is geen fistelsymptoom. Het audiogram toont rechts een binnenoorverlies van ongeveer 60 db aan. Het rotatoire onderzoek naar sensatie- en de nystagmusduur levert een plateau-vormige

stukken IV en V hebben gezien, treedt dit ook wel eens bij normale personen op en wij hebben dan ook gemeend dit verschijnsel alleen dan als pathologisch te kunnen interpreteren, als het in zeer uitgesproken mate aanwezig was, of gecombineerd met een duidelijke andere afwijking. In 15 gevallen ging de calorisch gevonden richtingsvoorkeur samen met een verminderde prikkelbaarheid van één labyrinth.

Een uiting van richtingsvoorkeur, die wij bij 3 patienten bij herhaling waarnamen, is de volgende: prikkeling met warm water (44° C) geeft bijvoorbeeld in het linker oor generlei reactie, aan het rechter oor een duidelijke homolaterale nystagmus. Prikkeling met koud water (30° C) geeft in het linker oor een heterolaterale nystagmus van flinke intensiteit en duur, in het rechter oor een heterolaterale nystagmus van duidelijk *geringere* intensiteit en duur (fig. 34). Bij de meerderheid van onze patienten was volgens de regel de koudwaternystagmus van de

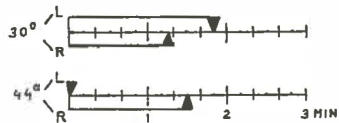


Fig. 34

gezonde zijde duidelijk sterker. De vraag is, in hoeverre de in het linker oor door koud water opgewekte heterolaterale nystagmus van zuiver vestibulaire oorsprong is. De proeven beschreven in hoofdstuk IV en V geven de indruk, dat in dit opzicht de door warm water opgewekte nystagmus in ieder geval betrouwbaarder is. Het feit, dat met warm water in het geheel geen nystagmus in het linker oor was op te wekken, pleit er wel sterk voor dat in het perifere labyrinth een aanzienlijke vermindering van de prikkelbaarheid is opgetreden. Misschien is de reactie op koud water een uiting van de pogingen tot centrale compensatie. Het is echter de vraag of wij dit zonder meer mogen interpreteren als een bewijs voor een centrale laesie, hoewel hier een uitgesproken richtingsvoorkeur bestaat. In het algemeen is dit wel gebeurd en dit is dan ook de reden, dat *van Deinse* en ook *van den Boorn* bij de door hun onderzochte lijders aan het syndroom van *Menière* en aan post-traumatische duizeligheid in zo'n hoog percentage centrale afwijkingen menen te moeten diagnosticeren op grond van een gevonden „nystagmus-gereedheid”.

Bij een groot deel van onze patienten was, dank zij de voortdurende wisselwerking tussen het perifere orgaan en de centrale

kernsystemen, een duidelijke afscheiding tussen perifere of centrale laesies niet mogelijk.

Een voorbeeld uit een serie, waarbij de anamnese aanwijzingen gaf in de richting van centrale factoren en waarbij ook het vestibulaire onderzoek hierop wees, wordt gevormd door:

Een man van 31 jaar die sedert ongeveer een jaar last heeft van plotseling optredende duizelingen, waarbij alles om hem heen wentelt en waarbij hij het gevoel krijgt, dat de benen naar voren onder hem weg trekken. Hij heeft veel last van brommen en suizen in het hoofd en hij is tijdens de aanvallen, die enkele uren duren, misse-lijk. Drie keer is hij tijdens een aanval bewusteloos geweest, waarbij hij kram- pen en trekkingen in armen en benen zou hebben, doch geen tongbeet of onwille-keurige mictie. Sedert zijn jeugd heeft hij veel last van schele hoofdpijn boven het linker oog, die ook in aan- vallen optreedt en waarbij hij vaak last heeft van sterk jeukende ogen en een waterige uitvloed uit de neus. Bij het onder- zoek wordt een lichte hy- pertrofische rhinitis gevon- den. Neurologisch zijn geen afwijkingen aantoon- baar. (Een electro-ence- phalogram werd niet ge- maakt.) De trommelvliezen zijn normaal, patient heeft een normaal gehoor en

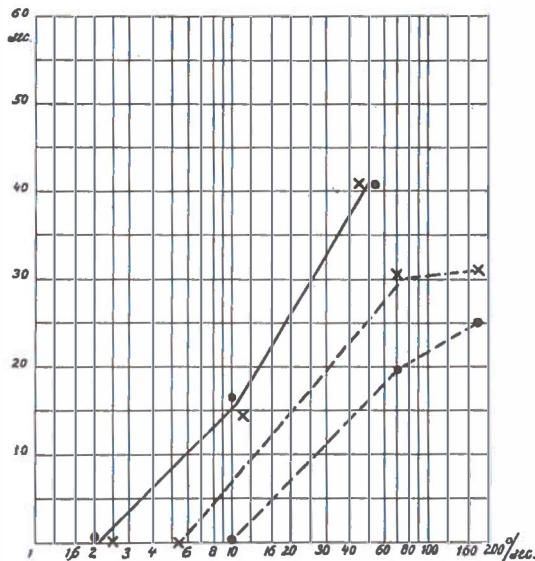


Fig. 35

geen fistelsymptoom. Allergie-tests leveren niets op. Spontane verschijnselen ontbreken, behalve een richtings-veranderlijke nystagmus van de 1ste graad, die het duidelijkst is bij sterk achterover en naar rechts buigen van het hoofd. De

hierbij gedurende 5—6 sec optredende nystagmus is \curvearrowright naar links. Bij linker zijligging heeft patient een vrijwel horizontale nystagmus naar rechts gedurende

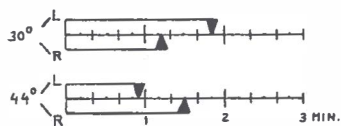


Fig. 36

enkele seconden. Rotatoire prikkeling le-vert een zeer steil verlopende sensatiecurve op, met een normaal minimum-perceptibile, terwijl de nystagmus na rotatie naar links bij alle impulsen iets langer duurt, dan die na rotatie naar rechts. Bij calorisch onder- zoek lijkt de totale prikkelbaarheid van het

in opklimmende dosis, later met infusen volgens het door van Deinse aangegeven schema. De intracutane histamine-test volgens Dszinich en Gallé viel positief uit, zodat patient zou behoren tot de door Atkinson aangegeven allergische groep. Na afloop van deze therapie was geen positie nystagmus meer op te wekken. Subjectief voelde hij slechts weinig verbetering. Wij gaven hem daarna poeders volgens het bekende recept van de Kleyn:

| | | | | | |
|----|-----------------------------|-------|----------|------------------------------|-------|
| R/ | extr. belladonnae | 0.015 | benevens | | |
| | mur. papaverini | 0.010 | R/ | Urotropini | 0.500 |
| | veronal Na | 0.100 | | m.f.s.: 's morgens 1 poeder. | |
| | m.f.s.: 's avonds 1 poeder. | | | | |

Hiermede voelde patient zich veel beter. Wij zetten deze therapie voort, gecombineerd met zout- en vochtarm diëet. Na 9 weken had hij lichte visusklachten, die bleken te berusten op een accommodatie-parese, waarschijnlijk tengevolge van de atropine. Hij kreeg een bril. Na een half jaar klaagde hij nog wel over hoofdpijn, doch de aanvallen waren practisch verdwenen.

Bij die patienten, bij wie de klachten en verschijnselen onduidelijk en atypisch zijn en waarbij ook het verdere onderzoek geen duidelijke afwijkingen aan het licht brengt, neigt men spoedig tot de diagnose neurasthenie, vooral, indien het vestibulaire onderzoek door veel onwillekeurige oogbewegingen en sterke vegetatieve reacties wordt bemoeilijkt. Bij de door ons onderzochte patienten meenden wij in 18 gevallen tot een neurotische of neurasthene basis te moeten besluiten. De indruk die men krijgt kan echter misleidend zijn:

Een man van 49 jaar lijdt reeds sedert zijn 20ste jaar aan duizelingen. Nooit heeft hij echte aanvallen. Na een val op het achterhoofd enkele maanden geleden zijn zijn klachten verergerd. Patient kan de proef van Romberg en loopproeven niet uitvoeren; hij zwaait daarbij als een dronken man. Spontane verschijnselen aan de ogen zijn niet aanwezig. Een en ander maakt de indruk van aggraviatie of simulatie en deze gedachte wordt versterkt door de mededeling, dat hij zijn hele leven op een kantoor heeft gezeten, doch nu sedert enkele maanden landarbeid moet verrichten. Hij is echter de laatste jaren toenemend doof. De trommelvliezen zijn normaal, er is geen fistelsymptoom, doch patient heeft een asymmetrische binnenoordoortheid, die audiometrisch door slechte aangiften sterk in intensiteit wisselt. Het verlies rechts bedraagt gemiddeld tot 80 db., links 40 db. Ook het audiogram maakt geen betrouwbare indruk.

Bij rotatoir onderzoek blijkt patient de sensatieduur moeilijk te kunnen schatten. Bij herhaling wordt echter, ondanks vrij sterke spreiding, een zeer vlakke curve gevonden met een hoog minimum-perceptibile. Ook de nystagmusduur is bij alle impulsen zeer kort en de eerste nystagmuslagen worden pas bij een impuls van $\pm 30^\circ/\text{sec}$ zichtbaar. Bij calorische prikkeling blijkt aan de rechter zijde geen nystagmus op te wekken, ook niet met water van 5°C , terwijl de reacties links zeer zwak en traag zijn. Bij neurologisch onderzoek zijn de verschijnselen weinig duidelijk: er bestaat een licht reflexverschil aan de benen ($l. > r.$), de rechter papilla N. optici is wat bleek en patient heeft een lichte intentie-tremor. De luesreacties in bloed en liquor zijn negatief, het cel-gehalte van de liquor is licht verhoogd en de goudsolcurve is niet geheel normaal, doch weinig typisch voor een bepaalde afwijking. Gedacht wordt aan de mogelijk-

heid van een neurotrope infectie. Drie weken later zien wij patient opnieuw. Hij kan thans niet alleen op straat lopen, de taxatie is toegenomen. Bij rotatoir, noch bij calorisch onderzoek is thans een sensatie of een nystagmus op te wekken. De doofheid is ongeveer gelijk gebleven. Een therapie werd niet ingesteld, doch wij hadden hoop, dat na de uitval van de vestibulaire functie een verbetering zou optreden. Dit bleek inderdaad het geval te zijn. Wederom 3 weken later voelde patient zich minder duizelig en kon door middel van de visus zijn richting en houding vrij goed bepalen. In de schemering en in het duister was hij echter volkomen hulpeloos. Een vestibulaire reactie op toegediende prikkels zagen wij niet meer. Bij navraag bleek patient in het verdere verloop ongeveer gelijk te zijn gebleven. Het gehoor was subjectief niet achteruit gegaan.

Wij zagen 8 patienten, bij wie, blijkens de anamnese, een traumatische laesie van het vestibulaire orgaan aannemelijk was. In 4 gevallen bleek een totale uitval van de vestibulaire prikkelbaarheid aan één zijde te bestaan, in 3 gevallen gepaard met totale doofheid aan die zijde. In totaal zagen wij 9 patienten met een éézijdige labyrinth-uitval, hetzij tengevolge van een trauma, hetzij tengevolge van een infectieus proces (labyrinthitis of meningitis), hetzij tengevolge van een doelbewuste labyrinth-uitschakeling op grond van *Menière*-klachten. Bij 3 patienten was elders een doorsnijding van de pars vestibularis *N. octavus* volgens *Dandy* ondernomen, bij 1 patient werd in onze kliniek een booggangextirpatie volgens *Day* verricht. Opvallend was bij al deze patienten de omkering in het meestal bestaande overwicht van de koud-water-nystagmus over de warm-water-nystagmus aan de intacte zijde. Hierop wordt ook door *Hallpike* gewezen, die ook dit ziet als een uiting van richtingsvoorkeur. Wij menen, dat hier slechts sprake is van een manifest worden van de spontane nystagmus, die door de compensatie van *Ruttin* latent was geworden. Bij 6 van de 8 patienten met éézijdige labyrinth-uitschakeling zagen wij een duidelijke plateau-vormige sensatiecurve. Bij één van de onderzochte patienten was geen curve te verkrijgen uit de sterk uiteenlopende meetpunten, bij één patiënt was de curve vrijwel normaal. Een overwicht van de nystagmus na rotatie in de richting van het uitgeschakelde labyrinth zagen wij in 5 gevallen. Een spontane nystagmus, die het rotatoire en calorische onderzoek bemoeilijkte, bestond in 2 (vrij verse) gevallen. In 4 gevallen was een richtingsvaste positie nystagmus aantoonbaar, die bij bepaalde houding in de richting sloeg van het gezonde labyrinth.

Bij één van de patienten, bij wie het trauma 5 weken tevoren had plaats gehad, zagen wij na rotatie in de richting van het intacte

labyrinth, waarbij dus een amupllofugale stroom werkzaam moet zijn, een zeer trage, doch langdurige deviatie in de draairichting, gevolgd door een aantal zwakke en weinig duidelijke nystagmus-slagen. De totale duur leek ongeveer gelijk, wellicht iets langer dan na rotatie in de tegengestelde richting. Hier lijkt dus een overeenstemming te bestaan met de paradoxe reactie, die wij bij een aantal geopereerde duiven zagen. Zoals wij echter reeds eerder opmerkten, is het zonder adequate nystagmografie zeer moeilijk hier de verschijnselen nauwkeurig vast te stellen.

Als een aparte groep kunnen wij nog melding maken van een 5-tal patienten, die op de polikliniek kwamen wegens duizeligheidsklachten en bij wie een ernstige beroepshardhorendheid bleek te bestaan. Alle patienten hadden jarenlang op een scheepswerf gewerkt. In het algemeen was het gehoorverlies symmetrisch en audiometrisch typisch voor een meer of minder ver voortgeschreden lawaaitrauma, zoals dit uitvoerig is beschreven door *de Wit* en door *Ruedi* en *Furrer*. Bij al deze patienten waren de spontane symptomen weinig uitgesproken; de *Romberg*-proef en het lopen met gesloten ogen werden slecht uitgevoerd, doch er was geen sprake van een bepaalde valrichting of loopafwijking. Wij vonden ook geen spontane- of positie nystagmus. Bij het rotatoire onderzoek wees de post-rotatoire sensatie bij al deze patienten duidelijk op een verminderde gevoeligheid. Het minimum-perceptibile was verhoogd en de curve — voor zover deze kon worden verkregen — verliep zeer vlak. Dit kwam overeen met de nystagmuscurven en met de nystagmusduur en -intensiteit bij calorische prikkeling. Wij vonden echter niet de typische vorm van de curve, zoals *Hulk* die bij 6 patienten met een chronisch lawaaitrauma beschrijft en waarbij hij een overeenkomst vindt met de regressieve binnenoordoortheid. Voor een deel is de oorzaak daarvoor waarschijnlijk gelegen in het feit, dat bij onze patienten het gebied, waarin de toegediende prikkels een reactie opwekten, zeer nauw was en een fijne differentiatie daardoor moeilijk. Bovendien zijn wij op grond van de vrij grote deviaties van de meetwaarden buiten de rechte lijn, die wij bij onze proefpersonen en patienten vaak vonden, niet spoedig geneigd aan een bepaald meetpunt veel exacte waarde toe te kennen. Bij één van deze patienten ging de achteruitgang der vestibulaire reacties zover, dat wij van een vrijwel totale labyrinth-uitscha-

keling konden spreken. Een nystagmus was slechts zichtbaar na impulsen van 60 en 180°/sec. Een sensatie trad voor het eerst op bij 40°/sec, terwijl de sensatieduur ook bij sterkere impulsen tot enkele seconden beperkt bleef. Bij calorische prikkeling was de opgewekte nystagmus minimaal van duur en bovendien zeer zwak. De verschijnselen bleven geheel symmetrisch, evenals het gehoorverlies, dat boven 1000 Hz. 80 db. bedroeg.

Naar aanleiding van de moeilijkheden, die hierbij vaak optreden, is het wenselijk nog enkele woorden te wijden aan die patienten, waarover een oordeel wordt gevraagd naar de mate van arbeidsgeschiktheid in verband met uitkeringen door uitvoerende organen van de ongevallen- of ziektewet. Wij onderzochten o.a. een 3-tal patienten, bij wie na een schedeltrauma geen vestibulaire verschijnselen meer waren te vinden, behalve een richtingsvoorkeur bij calorische prikkeling en een geringe, doch duidelijke positie nystagmus bij achterover en naar lateraal buigen van het hoofd. Het was hierbij moeilijk om met zekerheid uit te maken of een dichtdrukken van één A vertebrales, dan wel de positie als zodanig hier de aanleiding vormde voor de kortdurende nystagmus en duizeligheid. Bij het innemen van de overeenkomstige hoofdhouding door draaiing van de gehele patient, was de nystagmus namelijk van te korte duur, om zeker te constateren. Op grond van deze positie nystagmus spraken wij als onze mening uit, dat nog geen volledig herstel was opgetreden. Aanleiding tot het onderzoek vormden natuurlijk de blijvende klachten van de patienten.

Een eigenaardig licht werd echter op deze kwestie geworpen bij het na-onderzoek van de bovengenoemde patient, bij wie wegens duizeligheidsklachten en een positief fistelsymptoom geruime tijd na een radicale operatie, aan één zijde de horizontale booggang werd geëxtirpeerd. Het verloop was zeer gunstig en de patient had, behalve een, vergeleken bij het pré-operatieve peil niet verminderde gehoorscherpste, geen lasten meer. Bij onderzoek na enkele maanden bestond geen spontane nystagmus; het linker labyrinth was volkomen onprikkelbaar, doch bij rotatoir onderzoek bleek, zoals verwacht kon worden, een duidelijk overwicht van de nystagmus naar rechts te bestaan. Hij bleek echter bovendien bij linker zijligging een geringe, doch duidelijke vrijwel horizontale nystagmus naar rechts te hebben van ongeveer 5 seconden. Patient deed zijn werkzaamheden volledig en zonder bezwaren. Indien dit een patient geweest was, die nog klachten had, en waarbij wij voor de vraag zouden zijn gesteld in hoeverre hij weer arbeidsgeschikt was, dan zouden wij hier zonder twijfel een zekere mate van arbeidsongeschiktheid hebben aangenomen.

Hieruit blijkt, hoe weinig werkelijk zekere criteria wij tot onze

beschikking hebben, om de gegrondheid van duizeligheidsklachten na te gaan.

Een aparte beschouwing zullen wij thans nog wijden aan de groep patienten, bij wie wij vestibulair onderzoek verrichtten in verband met de toediening van streptomycine en de groep fenestratie-patienten.

In de loop van twee jaar onderzochten wij 42 patienten, die wegens longtuberculose, of een andere tuberculeuze aandoening (meningitis tuberculosa uitgezonderd) met streptomycine werden behandeld. Helaas was het bij merendeel dezer patienten een onderzoek naar de evenwichtsfunctie door de proef van *Romberg* of de loopproeven waardeloos, aangezien zij reeds lang bedlegerig waren. In het merendeel der gevallen was ook een onderzoek in de draaistoel niet goed mogelijk. Bovendien waren verscheidene van deze patienten jonge kinderen en ook bij hen was dit onderdeel van het onderzoek door gebrek aan medewerking niet van waarde. Bij 30 patienten kunnen wij dus alleen de gegevens van het calorische onderzoek overzien; slechts bij 12 vond één of meermalen een volledig vestibulair onderzoek plaats. Het onderzoek van het labyrint, uitsluitend door calorische prikkels is in de Angelsaksische landen gebruikelijk. Inderdaad kan dit onderzoek ons zekere en waardevolle inlichtingen verstrekken omtrent het al- of niet-prikkelbaar-zijn van, of een duidelijk verschil in prikkelbaarheid tussen het rechter en linker orgaan. Veel meer kan men er echter niet van verwachten. Bij 19 met streptomycine behandelde patienten, bij wie een toxische invloed merkbaar was, viel een sterke achteruitgang van de vestibulaire prikkelbaarheid op, vaak voorafgegaan door, of gepaard gaande aan een duidelijke richtingsvoorkeur. Niet steeds is deze toxische beschadiging van blijvende aard. In zeker 6 gevallen, wellicht echter vaker, keerde een geheel normale prikkelbaarheid na zekere tijd terug. Toxische beschadigingen van het vestibulaire apparaat traden aanzienlijk vaker op bij streptomycine-toediening, dan bij het gebruik van dihydro-streptomycine. In het algemeen werden stoornissen merkbaar na ongeveer 3 weken. Streptomycine is echter een sluipmoordenaar en in een 4-tal gevallen werd een beschadiging merkbaar, nadat de toediening reeds enige tijd was gestaakt. De subjectieve klachten en spontane symptomen treden ongeveer

terzelfder tijd op, doch in 6 gevallen, waar na prikkeling een duidelijke laesie aantoonbaar was, bestonden in het geheel geen klachten. Dit symptoomloos uitvallen van de vestibulaire functie pleit wel voor een centrale beschadiging. Over deze kwestie zijn de meningen nog verdeeld. De meeste onderzoekers zijn van mening, dat de toxische werking centraal aangrijpt. Van de subjectieve bezwaren is een gevoel van onzekerheid, een sensatie van doorzwaaien, bijvoorbeeld bij omleggen in bed of een onbestemd heen en weer bewegen van objecten in het gezichtsveld het meest voorkomend. Duidelijke draaigewaarwordingen treden zelden op. Ook dit pleit meer voor een centrale dan voor een perifere laesie. Opmerkelijk is, dat de klachten, ook bij een volkomen teloor-gaan van de vestibulaire prikkelbaarheid, zo gering kunnen zijn. Voor een deel vindt dit zijn oorzaak daarin, dat de patienten bedlegerig zijn en dat tegen de tijd, dat zij gemobiliseerd worden, reeds een aanzienlijke compensatie door de andere organen, die ons omtrent onze positie in de ruimte inlichten, met name de ogen, heeft plaats gevonden. In sterke mate trad dit aan het licht bij jonge kinderen, bij wie wij in 4 gevallen met zekerheid een totale calorische onprikkelbaarheid vonden, doch bij wie slechts bij geblinddoekt lopen lichte stoornissen waren aan te tonen. Van de spontane symptomen is soms een spontane nystagmus duidelijk; wij vonden dit in 3 gevallen; vaker is een geringe positie nystagmus waarneembaar; 2 keer kregen wij de indruk van een positie nystagmus, die onder invloed van verschillende posities van richting veranderde. Aangezien echter de betreffende patienten ook een instel-nystagmus hadden, was een duidelijk onderscheid niet te maken. Een positie nystagmus, die slechts in een bepaalde positie optrad, zagen wij 5 keer; een resttoestand van een spontane nystagmus leek ons hier aannemelijk. Bij alle patienten gingen wij door middel van de fluisterspraak de gehoorscherpthe na en in die gevallen, waarbij bij dit onderzoek een vermindering leek te bestaan, maakten wij een audiogram, waarbij in 5 gevallen een binnenoordooftheid werd gevonden. Evenals bij het vestibulaire onderzoek kwam hierbij duidelijk het bezwaar aan het licht, dat wij slechts bij een deel van onze patienten vóór de streptomycine-toediening een onderzoek hadden ingesteld. Ditzelfde bezwaar komt men tegen in de meeste publicaties. Een nog intensiever overleg tussen de verschillende afdelingen zou in dit

opzicht verbetering kunnen brengen. Bij de 11 door ons onderzochte patienten, die met gewoon streptomycine werden behandeld, zagen wij in 7 gevallen duidelijke vestibulaire stoornissen optreden, waarvan in 5 gevallen een (vrijwel) totale uitval. Bij de 31 met dihydro-streptomycine behandelde patienten was een beschadiging in 12 gevallen aantoonbaar, doch bij 8 trad een geheel of gedeeltelijk herstel op. Wij kregen hieruit wel de indruk, dat het laatste middel minder toxisch is voor het vestibulaire apparaat. Volgens publicaties uit de jongste tijd tast echter het dihydro-streptomycine de cochleaire functie veel sterker aan.

Wij zagen dit in ernstige mate bij een patiente, die na een bovenkwabsresectie wegens een caverne 6 weken werd behandeld met dihydro-streptomycine (1 gr. daags). De vestibulaire functie was normaal gebleven en het gehoor was 8 weken na het staken van de therapie nog ongestoord. Na ongeveer 3 maanden begon zij echter te klagen over doofheid en audiometrisch bleek toen een symmetrisch binnenoorverlies van ongeveer 60 db. boven 2000 Hz te bestaan. In de loop van de beide volgende maanden nam dit gehoorverlies op ontstellende wijze toe en 6 maanden na de operatie en na het begin van de streptomycine-toediening had zij een symmetrisch gehoorverlies van ruim 70 db. met een enorm sterk discriminatieverlies. Het is een probleem, welk van de twee middelen men moet kiezen, doch het lijkt wenselijk om in ieder geval bij een langer durende toediening aan streptomycine de voorkeur te geven boven dihydro-streptomycine. Tenslotte is een eventueel optredende vestibulaire beschadiging minder erg, dan een aanzienlijk gehoorverlies.

Bij de 12 patienten, bij wie wij in staat waren het volledige vestibulaire onderzoek uit te voeren, traden slechts bij 5 patienten duidelijke vestibulaire stoornissen op. Bij de rotatoire prikkeling vonden wij bij 3 patienten een geheel normale sensatiecurve. Bij 4 patienten bestond een duidelijke plateau-vorm, doch in één dezer gevallen waren alle waarden van de nystagmusduur na calorische en rotatoire prikkeling geheel normaal, zodat wij uitsluitend op de sensatiecurve geen beschadiging durfden aannemen, temeer daar een onderzoek vóór het begin van de therapie niet had plaats gevonden. Bij 5 patienten was de sensatiecurve niet fraai, tengevolge van een sterke spreiding der meetpunten. Twee van deze patienten voelden

zich bij het onderzoek onzeker, aangezien zij nog nauwelijks gemobiliseerd waren.

Ook hier zagen wij, dat een plateau-vormige curve bij vestibulaire laesies frequent optreedt. Samen met andere stoornissen vormt het zeker een sterke aanwijzing voor een beschadiging. Enige localisatorische betekenis hebben wij er echter niet aan leren hechten.

Wat de nystagmuscurve betreft, vonden wij bij 7 patienten een geheel normale curve. In 5 gevallen zagen wij een toenemende verschuiving naar rechts; bij 2 dezer patienten viel bij een eerder ingesteld onderzoek een zeer levendige nystagmus op. Wij hebben niet voldoende gelet op een mogelijke daling van de minimale prikkelwaarde, waarbij nog een nystagmus optreedt, zoals dit door *Jongkees* en *Hulk* is beschreven, doch in deze beide gevallen is het mogelijk, dat dit ook hier het geval is geweest. In 2 gevallen werd het beoordelen van de nystagmus in de loop van verschillende onderzoeken bemoeilijkt door een geringe spontane nystagmus, die zich dus uitte in een richtingsvoorkeur. Bij het calorisch onderzoek, dat bij deze patienten steeds het gemakkelijkst is uit te voeren, vonden wij in 5 gevallen duidelijke afwijkingen, die in de loop van volgende onderzoeken toenamen, doch waarbij in 1 geval later weer duidelijk verbetering intrad. Bij 3 van deze patienten zagen wij tevens een plateau-vormige sensatiecurve en bij alle 5 afwijkingen in de nystagmuscurve, in de vorm van een verschuiving naar rechts en soms een richtingsvoorkeur. De afwijkingen bij de calorische prikkeling bestonden uit een zeer duidelijke richtingsvoorkeur, in 3 gevallen gepaard gaande aan een verminderde prikkelbaarheid aan één zijde en in 2 gevallen met een voortschrijdende totale vermindering van de prikkelbaarheid. Deze afwijkingen zagen wij ongeveer in dezelfde orde optreden bij de eerstgenoemde reeks patienten, waarbij uitsluitend calorisch werd geprikkeld. Uit dit onderzoek kregen wij de overtuiging, dat bij de streptomycine-therapie vestibulaire afwijkingen frequent optreden en ook — zij het in mindere mate — bij dihydro-streptomycine. In een aantal gevallen zijn de veranderingen gelukkig omkeerbaar en kan een (volledig) herstel optreden.

Tenslotte laten wij nog een korte bespreking volgen van een reeks van 9 patienten, bij wie een fenestratie van het labyrint aan

één zijde werd verricht wegens otosclerose. Alle patienten werden voorafgaande aan de operatie onderzocht op spontane vestibulaire verschijnselen, die in alle gevallen ontbraken, terwijl tevens sensatie- en nystagmuscurven werden geregistreerd. Wij vonden bij 7 van de 9 patienten een normale sensatiecurve; 2 patienten stelden ons niet in staat een goede curve te maken. De nystagmuscurven van alle 9 patienten vielen ruimschoots binnen het gebied van de onderzochte normale proefpersonen. Wij durven geen conclusies te trekken uit geringe afwijkingen van de gemiddelde „normale” curve. Het zal daarom slechts uit het onderzoek van een zeer grote reeks otosclerose lijders mogelijk zijn, om uit een algemene verandering der gemiddelde waarden de lichte stoornissen, die de Utrechtse onderzoekers vonden, met zekerheid vast te stellen.

Na de operatie trad bij alle patienten een spontane nystagmus op, in het algemeen in de richting van het niet-geopereerde oor. Bij 3 patienten trad in de loop van de volgende dagen passageair een nystagmus op in de tegenovergestelde richting, die wij kunnen duiden als een prikkelingstoestand van het geopereerde labirynth, maar die misschien op een beginnende centrale compensatie berust. De spontane nystagmus was gemiddeld na 10 dagen verdwenen en ook in de eerste graad niet duidelijk meer aantoonbaar. Tegen die tijd waren de patienten ook voldoende gemobiliseerd om aan het rotatoire onderzoek onderworpen te kunnen worden. De verschijnselen, die wij vonden, waren dan nog zeer duidelijk. Het meest imponerende was de enorme daling van de intensiteit van alle verschijnselen: de sensaties hadden een zeer hoog minimum-perceptibile, zodat vaak eerst bij een impuls van ongeveer $15^{\circ}/\text{sec}$ een draaigewaarwording optrad. Het verdere verloop van de sensatiecurve was zeer vlak of plateau-vormig. Ook de postrotatoire nystagmus was zeer gering van intensiteit en duur; vaak zagen wij slechts een duidelijke langzame deviatie, die niet werd gevolgd door één of meer snelle slagen. In die gevallen, waar een nystagmus optrad — in het algemeen dus bij sterkere impulsen — zagen wij een duidelijk overwicht van de nystagmus na roteren in de richting van het geopereerde labirynth. Dit werd in de loop van de volgende dagen aanvankelijk duidelijker. De minimum-prikkel, waarbij een nystagmus zichtbaar werd, daalde sneller voor de nystagmus naar de niet-geopereerde zijde en de duur van de nystagmus in

deze richting was duidelijk langer dan bij een even grote impuls, die een nystagmus naar de geopereerde zijde opwekte. Wij konden

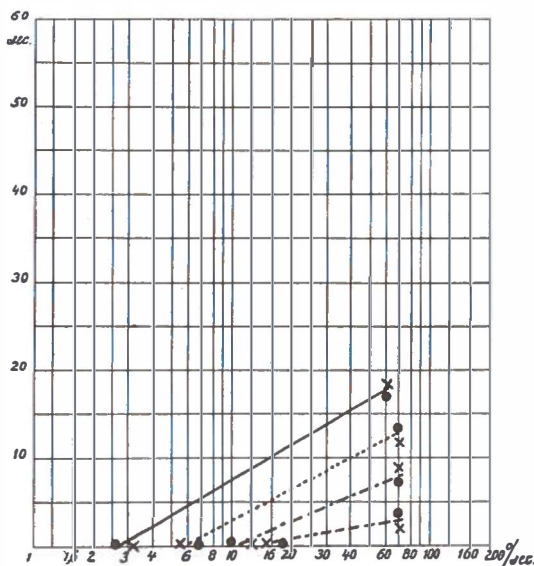


Fig. 37 Sensatie-curven vóór en na fenestratie links

- curve vóór de operatie en na 3 maanden
- - - curve 2 weken na operatie
- curve 1 maand na operatie
- curve 2 maanden na operatie
- x rotatie naar links
- rotatie naar rechts

echter niet waarnemen, dat kort na de ingreep de nystagmus in de richting van het niet-geopereerde oor langer duurde dan vóór de operatie; ook het waaervormig naar-elkaar-toe-gaan van de curven bij een toenemend herstel zagen wij niet. Bij alle patienten waren wij in de gelegenheid het verloop na te gaan gedurende enige weken, doch 4 patienten verlieten, nadat de operatieholte practisch droog was geworden, de kliniek; de nabehandeling vond elders plaats. Bij 5 patienten, die hiertoe geregeld bij ons terug-

keerden, konden wij het verloop gedurende enkele maanden observeren. Alle patienten hielden gedurende de tijd, dat wij hen konden onderzoeken, een duidelijk fistelsymptoom. Bij de 5 laatstgenoemde patienten trad geleidelijk een herstel van de postrotatoire reacties tot pre-operatieve waarden in. Merkwaardig is, dat bij geen der onderzochte patienten een *Tullio*-reactie kon worden opgewekt. Bij de duif ligt het maximum van de *Tullio*-reactie bij ongeveer 600—800 Hz. Bij deze frequenties ligt bij de duif de drempel, onder overigens volkomen normale omstandigheden vrij hoog, namelijk gemiddeld bij 70 db. Verwijdering van het trommelvlies geeft een gemiddelde verhoging van 28 db. Doorsnijding van de columella geeft dezelfde resultaat. Dit is de toestand die men zeer

goed kan vergelijken met de anatomische verhoudingen na een fenestratie bij otosclerose. Wij zouden, indien de verhoudingen bij de duif en de mens dezelfde zijn, na een goed gelukte fenestratie-operatie een reactie van *Tullio* kunnen verwachten bij ± 100 db. Wij onderzochten onze patienten met een claxon-signaal van 110 db., waarin vrijwel het gehele geluidsspectrum is vertegenwoordigd en met zuivere tonen van 600—2000 Hz en 120 db. Het uitblijven van een *Tullio*-reactie bij deze intensieve geluidsprikkel kan, althans voor een deel, worden toegeschreven aan de huidlap over de booggangfistel, die zeker een aanzienlijke demping veroorzaakt.

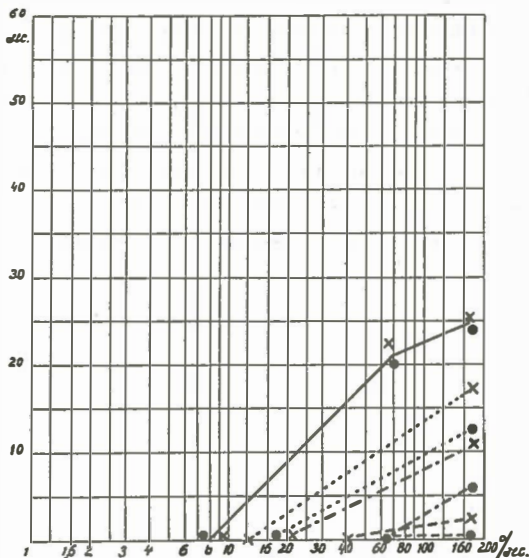


Fig. 38 Nystagmuscurven vóór en na fenestratie links

- curve vóór operatie en na 3 maanden
- - - curven 2 weken na operatie
- curven 1 maand na operatie
- curven 2 maanden na operatie
- x rotatie naar links
- rotatie naar rechts

Hoe dit ook zij, het is een gelukkige omstandigheid, dat de *Tullio*-reactie een zo hoge drempel heeft, want ware dit anders, dan zou de fenestratie-operatie in het geheel niet kunnen worden toegepast wegens het grote aantal patienten, dat daarna bij elk geluid van min of meer grote intensiteit last van vertigo zou krijgen.

Het blijft een merkwaardig feit, dat patienten met een open booggangfistel na betrekkelijk korte tijd zo weinig lasten hebben. Behalve een herstel van de crista-uitval, zoals wij dat ook bij de door ons onderzochte gefenestreerde duiven zagen, moeten hier toch ook andere compensatoire invloeden werkzaam zijn. Van één der onderzochte patienten, die links werd geopereerd, zijn de curven voor de sensitie- en nystagmusduur in de fig. 37 en 38

weergegeven. Zij zijn niet in overeenstemming met hetgeen *Jongkees* en *Hulk* bij hun — grotere aantal — patienten vonden:

Het steile verloop van de nystagmuscurve na rotatie in de richting van het geopereerde labyrinth zagen wij bijv. nimmer. Wij zijn geneigd dit in Utrecht geconstateerde verschijnsel toe te schrijven aan een, nog in geringe mate bestaande, spontane nystagmus. Het waaiervorming naar-elkaar-toe-gaan van de nystagmuscurven zagen wij dientengevolge ook niet duidelijk. Aan de andere kant is de overeenstemming tussen de vondsten bij mens en proefdier bij onze onderzoekingen zeer fraai.

HOOFDSTUK VIII.

Bespreking der resultaten en conclusies.

Door bij een aantal normale proefpersonen de reacties na te gaan, die optreden na prikkeling van de cristae, werd getracht een indruk te krijgen, welke methoden de beste en meest constante resultaten opleverden. Hierbij werden, zowel bij de rotatoire als bij de calorische prikkeling, de sterke en zwakke prikkels tegenover elkaar gezet.

Bij het rotatoire onderzoek volgens *Bárány*, waarbij in navolging van *Buys* en *Fischer* langzaam werd geaccelereerd en langdurig eenparig geroteerd, geeft men bij het stoppen in korte tijd een sterke prikkel. Hiertegenover staat de door *van Egmond*, *Jongkees* en *Groen* ontwikkelde methode, de *cupulometrie*, waarbij na subliminale versnelling tot een bekende, doch geringe hoeksnelheid, door stoppen in korte tijd een prikkel van physiologische intensiteit wordt gegeven. De sensatie- en nystagmusduur, die hierna optreden, worden gemeten en in een grafische voorstelling tegen de logarithme van de hoeksnelheid uitgezet.

Voor dit onderzoek werd een voor dit doel geconstrueerde draaistoel met snelheidsmeter gebruikt. De nystagmusduur levert in het algemeen een rechtlijnige curve op, tot snelheden van $60^\circ/\text{sec}$. Na sterke impulsen neemt de nystagmusduur slechts weinig toe. De variaties in de curven, die men vindt bij herhaling van het onderzoek bij éénzelfde proefpersoon en bij verschillende proefpersonen, zijn tot $60^\circ/\text{sec}$ minder groot dan bij sterke prikkels en de nystagmus is regelmatig en daardoor beter te volgen. Bij de zwakke prikkels zijn onaangename vegetatieve verschijnselen bovendien minder frequent. Aangezien de bepaling van de nystagmusduur geen absolute meting is, doch steeds een schatting, is een prikkelmethode, waarbij de opgewekte nystagmus goed is te volgen van groot belang. De minimale impuls, waarbij een nystagmus zichtbaar wordt, bedraagt tussen $4^\circ/\text{sec}$ en $18^\circ/\text{sec}$. De hoek, die de curve met de abscis vormt bedraagt 10° tot 60° , doch ligt in

het merendeel der gevallen tussen 25° en 45° . Door de grote spreiding is het niet mogelijk van een bepaalde normale curve te spreken. In enkele gevallen treedt ook bij normale personen een verschil op tussen de curven na rotatie in beide richtingen. Dit betekent, dat bij gelijke impuls de nystagmus in één richting steeds langduriger is. Deze kleine verschillen zijn slechts waarneembaar bij proefpersonen, die in staat zijn rustig in de verte te blikken. Bij geschikte proefpersonen is soms reeds bij een impuls van ongeveer $5^{\circ}/\text{sec}$ een langzame deviatie in de oorspronkelijke draairichting zichtbaar, waaraan zich geen snelle phase aansluit.

De bepaling van de postrotatoire sensatieduur leverde in het algemeen minder goede resultaten op, dan die van de nystagmusduur. Bij 9 van de onderzochte 55 proefpersonen was het niet mogelijk uit de sterk verspreide meetpunten een curve te vormen, terwijl bij 23 het verloop van de curve bij verschillende bepalingen ongelijk was. Dikwijls trad een geleidelijke daling van de sensatieduur op tijdens het verloop van het onderzoek. De spreiding der meetpunten is in het algemeen groter dan bij de nystagmusduur. De curven van verschillende proefpersonen lopen sterker uiteen, evenals de hoek die de curve met de abscis vormt. Het schijnt op deze gronden moeilijk, aan een bepaalde curve een pathologische betekenis te hechten. Wel lijkt het gerechtvaardigd, om uit het vinden van een fraaie rechte lijnige curve, die ongeveer met de gemiddelde curve van normale proefpersonen overeenkomt, de conclusie te trekken, dat de horizontale cristae en hun centrale verbindingen goed functionneren, althans goed met elkaar in evenwicht zijn.

Men kan bij proefpersonen bij de postrotatoire nasensatie nagaan, in welke tijd subjectief een bepaalde sector wordt doorlopen. Hierdoor kan men na een bepaalde impuls een indruk krijgen van het subjectieve snelheidsverloop. De gemiddelde subjectieve hoeksnelheid op achtereenvolgende tijdstippen kan eveneens grafisch worden weergegeven in een logarithmische schaal tegen de tijd. Ook hierbij ontstaat theoretisch een rechte lijn. Bij 9 proefpersonen werd dit onderzoek gedaan, door hen met een draaikruk een kymografion te laten roteren met de subjectief waargenomen snelheid. Op dit kymografion werd door een tijdschrijver een secondesignaal genoteerd. Uit de per-seconde-afgelegde sector

kan de subjectieve hoeksnelheid op achtereenvolgende momenten worden gemeten. Voor de proefpersoon is dit een moeilijke opdracht. Uit deze registratie blijkt, dat een juiste schatting van de gegeven impuls en van het subjectieve snelheidsverloop voor sommige proefpersonen mogelijk is, doch voor de meesten niet. Bij impulsen, groter dan $60^\circ/\text{sec}$ is dit in het geheel niet meer mogelijk. Een beschadiging van het perifere orgaan tengevolge van de intensieve prikkel, zoals de Utrechtse onderzoekers zich deze voorstellen, wordt op verschillende gronden niet aannemelijk geacht. Toch blijkt de impuls bij een hoeksnelheid van omstreeks 60° een kritisch punt voor het vestibulaire orgaan te zijn. Waarschijnlijk spelen hierbij de centrale kernen en banen een grote rol.

Met behulp van een door *de Vries* voor dit doel geconstrueerde draaistoel werd in een grote serie proeven bij 3 proefpersonen het minimum-perceptibile van de draaigewaarwording nagegaan. Hierbij werden, uitgaande van de rusttoestand, versnellingen van wisselende doch nauwkeurig bekende grootte toegediend in een nauwkeurig bekende tijd. Dit heeft grote voordelen boven het postrotatoire onderzoek, waarbij men niet uitgaat van een endolymphesysteem in volkomen rust en waarbij de stoptijd niet exact bekend is. De hoekversnelling of -vertraging vormt de specifieke prikkel voor de booggang; het blijkt, dat de z.g. productwet van *Mulder* slechts opgaat voor tijden, korter dan 1 seconde. Uit het bovengenoemde onderzoek bleek, dat er, in overeenstemming met de reeds door *de Vries* geuite veronderstelling, geen bepaald minimum-perceptibile is, doch dat bij afnemende intensiteit van de prikkel naar 0, de bijbehorende fractie der waargenomen prikkels eveneens tot practisch 0 daalt. Een verschil in gevoeligheid tussen de verschillende booggangsparen werd niet gevonden. Oefening speelt bij deze proeven een grote rol. De geoefende proefpersoon blijkt bij een impuls van $1^\circ/\text{sec}$ alle toegediende prikkels waar te nemen, terwijl dit bij de ongeoefende proefpersoon gemiddeld bij $2,3^\circ/\text{sec}$ het geval is.

Teneinde aan het rotatoire onderzoek met zwakke gedoseerde prikkels een experimentele basis te geven, werd een serie duiven onderzocht. De proefopstelling was hierbij als volgt: de duif, die van een kopkap is voorzien en gefixeerd is in een duivenhouder, wordt in de draaiïngsas van de draaistoel geplaatst. De kopbewe-

gingen worden duidelijker gemaakt door middel van een aanwijssnaald in het verlengde van de snavel. Aan de duivenhouder is een horizontaal geplaatste gradenboog bevestigd, zodat de grootte van de kopdeviatie kan worden afgelezen. Na impulsen van verschillende intensiteit in beide draairichtingen bleek, dat de optredende nystagmus in zijn verschillende componenten zeer goed kon worden bestudeerd en natuurgetrouw in een grafische voorstelling kon worden getekend. Bij vrijwel alle duiven was bij een impuls van $3^{\circ}/\text{sec}$ een geringe, doch duidelijke kopdeviatie waarneembaar, waaraan zich echter nog geen snelle phase aansloot. Bij toenemende intensiteit van de prikkel werd de nystagmus duidelijker, intensiever en langduriger, terwijl de bereikte kopdeviatie toenam. Ook bij deze proeven bleek, dat de door een impuls van 60° opgewekte nystagmus het meest regelmatig was en het beste te volgen. Bij de sterke impuls volgens *Bárány* namen wel de frequentie en de intensiteit, doch vaak niet de duur toe. Indien de nystagmusduur op de bovenbeschreven wijze grafisch werd weergegeven na verschillende impulsen, bleek vrijwel steeds een fraaie rechtlijnige curve te ontstaan, die een goede bevestiging vormt van de opvatting van de Utrechtse onderzoekers, volgens welke de nystagmus een afspiegeling vormt van de cupulabeweging en waarop zij de naam *cupulometrie* baseren. Het woord *cupulokinetografie* zou de betekenis beter weergeven. Ook de andere nystagmuscomponenten kunnen op dezelfde wijze grafisch weergegeven worden, doch de spreiding der meetpunten is hierbij groter. Vervolgens werd hetzelfde onderzoek verricht bij 3 series duiven, waarbij respectievelijk een doorsnijding van de horizontale booggang, een labyrintextirpatie en een fenestratie van de horizontale booggang had plaats gevonden. Bij de geopereerde duiven viel een sterke daling in de intensiteit van alle postrotatoire reacties op, die bij de eerstgenoemde, grotere ingrepen van zeer langen duur en meestal zelfs blijvend was. Direct na de ingreep was bij alle duiven een overwicht van de nystagmus na rotatie in de richting van de geopereerde zijde waarneembaar. Dit is dus in overeenstemming met de 2e wet van *Ewald*. Spoedig trad een beginnende compensatie volgens *Ruttin* op, doch tevens traden bij een aantal duiven in de dagen en weken, volgende op de operatie, paradoxe reacties op. Hierbij trad na rotatie in de richting van het niet-geopereerde

labyrinth een trage doch grote deviatie op, die bij voldoende intensiteit van de prikkel gevolgd werd door één of meer, eveneens vrij trage nystagmuslagen. Steeds trad na een gelijke impuls in de tegenovergestelde richting een fijnere en regelmatigere nystagmus op, die soms van kortere duur was. Het lijkt waarschijnlijk, dat deze merkwaardige reactie samenhangt met compensatoire mechanismen in de vestibulaire kernen. Bij de duiven, waarbij een labyrinth-extirpatie had plaats gevonden, trad de paradoxe reactie het sterkst op; een invloed van het geopereerde labyrinth kan dus worden uitgesloten. Bij de duiven, waarbij een labyrinth-extirpatie had plaats gevonden, trad in het verloop van de post-operatieve periode een toenemende kopverdraaiing op, die de observatie van de post-rotatoire verschijnselen zeer bemoeilijkte. Bij de duiven met een fenestratie van de horizontale booggang werd na de ingreep steeds de reactie van *Tullio* nagegaan, die een goede indicator vormt voor het al- of niet-functionneren van de crista. Een overeenkomst tussen het resultaat van dit onderzoek en de post-rotatoire reacties vonden wij niet steeds. In één geval, waar het booggangsvenster zeer ver naar voren werd aangebracht en waarbij de *Tullio*-reactie op een crista-uitval wees, bleven de uitvalsverschijnselen in de postrotatoire reacties lang bestaan en werd het pre-operatieve peil niet weer bereikt. Bij enkele andere gefenestreerde duiven was dit wel het geval. Wij zagen hierbij in de loop van het na-onderzoek een aanvankelijk bestaand overwicht van de nystagmus na rotatie in de richting van het geopereerde labyrinth teruggaan, hand in hand met een stijging van de reactieduur. De reacties der geopereerde duiven bleken echter in het algemeen vrij grillig en bij enkele duiven was het zelfs op een bepaald ogenblik niet mogelijk uit de postrotatoire reacties conclusies te trekken over de zijde van de ingreep.

Bij het calorisch onderzoek staat de methode van *Bárány*, waarbij een sterke prikkel wordt toegediend, tegenover die van *Kobrak*, waarbij met zeer geringe prikkels wordt gewerkt. Daarnaast en enigszins daartussen-in staat de methode van *Hallpike*. Bij het nagaan van de beste wijze om het calorisch onderzoek uit te voeren, knoopten wij aan bij het fundamentele onderzoek van *Jongkees*, over de calorische nystagmus en de waarde daarvan. Uit eigen waarneming bij 24 proefpersonen werd de indruk verkregen, dat de

latentietijd weinig zegt omtrent de prikkelbaarheid van het vestibulaire apparaat en dat de hoeveelheid water en de doorspoelingsduur van zeer geringe invloed zijn op de nystagmus. Wel lijkt de opgewekte nystagmus bij gebruik van een ruime hoeveelheid water en een flinke doorspoelingsduur regelmatig, intensiever en daardoor beter te volgen. De temperatuur van het water is van grote invloed, met dien verstande, dat geringe verschillen ten opzichte van de lichaamstemperatuur relatief meer invloed hebben dan grote verschillen. De positie van de patient is, buiten twee nauwe gebieden, waarin vrijwel geen nystagmus optreedt en die ongeveer gelegen zijn in de gebieden, waar de horizontale booggang horizontaal staat, practisch niet van invloed op de nystagmusduur. Uit de gevonden waarden bij de proefpersonen bleek, dat bij gebruik van een ruime hoeveelheid (250 cc) water van respectievelijk 44° en 30° C. door de uitwendige gehoorgang gevoerd in 25 seconden, een goed te volgen nystagmus optrad, zonder onaangename vegetatieve verschijnselen. Kleine verschillen in temperatuur hebben hierbij vrijwel geen invloed. De beste positie voor de patient is de liggende houding, met het hoofd 30° boven het horizontale vlak. Verschillen tussen de reactieduur van het linker en rechter labyrinth blijken bij normale proefpersonen slechts uiterst zelden voor te komen, zodat aan een duidelijk verschil in het algemeen een pathologische betekenis kan worden gehecht. Bij 3 van de 24 onderzochte proefpersonen trad echter een duidelijke richtingsvoorkeur van de nystagmus op, waarbij dus onafhankelijk van de geprikkelde zijde steeds de nystagmus in één richting langer van duur is. *Jongkees* vond dit in 17 % van de door hem onderzochte normale proefpersonen. Aan dit verschijnsel mag dus geen absolute pathologische betekenis worden gehecht.

In de loop van ruim twee jaar werden \pm 150 patienten onderzocht; het merendeel (98) op grond van klachten van duizeligheid; daarnaast werd vestibulair onderzoek verricht bij patienten, die met streptomycine werden behandeld en bij een kleine serie patienten, die wegens otosclerose een fenestratie van het labyrinth ondergingen. Bij alle patienten werd een uitvoerige anamnese opgenomen, er werd een onderzoek ingesteld naar spontane verschijnselen en (voor zover mogelijk) werden zij onderzocht met behulp van rotatoire en calorische prikkels. Daarnaast werd in veel gevallen een

neurologisch, intern en opthalmologisch onderzoek verricht. Bij het merendeel der patienten werd het gehoor audiometrisch onderzocht.

De anamnese kan belangrijke inlichtingen verstrekken over de aard der duizelingen. De spontane verschijnselen zijn ook vaak localisatorisch van belang, vooral indien de klachten en verschijnselen harmoniëren. Het feit, dat bij de onderzochte patienten geen lijders voorkwamen met ernstige neurologische stoornissen als tumoren, multipele sclerose e.d. was er mede de oorzaak van dat wij een duidelijke positie nystagmus slechts bij uitzondering zagen. Bovendien was het aantal duidelijke spontane verschijnselen gering door het feit, dat de patienten met aanvallen van duizeligheid zelden op een tijdstip komen, waarop zij veel lasten hebben. Ook patienten na traumata werden meestal onderzocht op een moment, dat de spontane verschijnselen reeds waren verdwenen. In 15 gevallen waren de resultaten van het onderzoek fraai in overeenstemming met de anamnese, zodat met vrij grote zekerheid kon worden besloten tot een perifere stoornis. In veel gevallen waren klachten en verschijnselen op een of andere wijze niet met elkaar in overeenstemming (*dysharmonie vestibulaire*). Soms ook kregen wij de indruk van gelijktijdig bestaande uitvals- en prikkelingsverschijnselen (*lésions à double effet*). In het algemeen wijzen weinig uitgesproken val- of draairichting, langdurige duizeligheid en een ogenschijnlijke tegenspraak in de verschijnselen op een centrale laesie, doch het lijkt niet onmogelijk, dat de (onvolledige) centrale compensatie van een perifere laesie ook tot dergelijke verschijnselen aanleiding geeft. Bestaande neurologische afwijkingen kunnen natuurlijk belangrijke aanwijzingen geven omtrent de localisatie.

Afwijkingen in de postrotatoire nystagmuscurve zagen wij in 22 gevallen. In 14 gevallen betrof het een verschil tussen de curven na rotatie in beide richtingen. Vrijwel steeds kwam dit overeen met een richtingsvoorkeur of een verschil tussen het linker en rechter labyrint bij calorische prikkeling. In 8 gevallen was de nystagmuscurve duidelijk naar rechts verschoven als een uiting van verminderde prikkelbaarheid, soms in overeenstemming met de sensatiecurve. Bij vele patienten kon geen duidelijke sensatiecurve worden verkregen tengevolge van een grote spreiding der gevonden waarden. In 27 gevallen werd een plateauvormige curve gevonden,

meestal samen met andere afwijkingen bij het onderzoek. Dit grote aantal geeft steun aan de opvattingen van de Utrechtse school, dat deze curve een pathologische betekenis heeft. Enige localisatorische waarde konden wij er echter niet aan toekennen en veeleer zijn wij van mening dat deze curve slechts aanduidt, dat er in de bewustwording van de vestibulaire prikkels, — misschien als afweermechanisme tegen de duizeligheid — iets is veranderd.

Het calorische onderzoek geeft onmiddellijk uitsluitsel omtrent het al- of niet-prikkelbaar-zijn van de vestibulaire organen aan beide zijden en omtrent een verschil in prikkelbaarheid. Een richtingsvoorkeur dient met terughoudendheid te worden gewaardeerd, daar deze ook voorkomt bij normale personen. Wij zagen echter bij onze patienten een duidelijke richtingsvoorkeur zó veelvuldig, dat wij, vooral bij een samengaan met andere stoornissen, hieraan wel betekenis kunnen toekennen. Van de met streptomycine of dihydro-streptomycine behandelde patienten konden slechts 12 volledig vestibulair worden onderzocht. Bij de toediening van dihydro-streptomycine traden vestibulaire stoornissen minder frequent op, dan bij gebruik van streptomycine en de ontstane stoornissen leken in een groter aantal gevallen weer te kunnen herstellen. De spontane stoornissen zijn vaak opvallend gering, vooral bij jonge kinderen, waarbij de compensatie-mogelijkheid blijkbaar zeer groot is. Van de objectieve stoornissen trad een richtingsvoorkeur, soms gepaard gaande met een spontane- of positie nystagmus, frequent op. Een daling van het minimum-perceptibile van de draaigewaardering of een daling van de drempel van de nystagmus in het begin zagen wij niet. Vaak ging een richtingsvoorkeur vooraf aan een snelle progrediënte daling van de rotatoire en calorische prikkelbaarheid. Bij de sensatiecurve trad een plateau-vormige curve in 4 gevallen op. Helaas was hier geen onderzoek verricht vóór het begin van de therapie.

9 Patienten, bij wie een fenestratie van het labyrint was verricht wegens otosclerose, werden voor de ingreep onderzocht en na de operatie van het ogenblik af, dat de spontane nystagmus was verdwenen. Het fistelsymptoom bleef steeds positief, doch een *Tullio*-reactie was bij de gebruikte intensiteit van het geluid niet aantoonbaar. Het meest opvallend na de operatie was een zeer sterke daling van alle reacties na rotatie. De sensatie, — voor zover

goed meetbaar, — vertoonde een sterke stijging van het minimum-perceptibile en de sensatieduur was bij alle toegediende prikkels zeer kort. De nystagmuscurven waren eveneens sterk naar rechts verschoven en vooral in het begin was een sterk overwicht waarneembaar van de nystagmus na rotatie in de richting van het geopereerde labyrint. Vaak was zelfs na rotatie in de andere richting in het geheel geen nystagmus op te wekken. Dit kan worden toegeschreven aan een door de prikkel manifest wordende spontane nystagmus. Een stijging van de duur van de nystagmus in de richting van het niet-geopereerde labyrint boven het pré-operatieve peil zagen wij niet. In het verloop van het verdere onderzoek zagen wij een geleidelijke verbetering optreden. De sensatiecurve verplaatste zich naar links en de sensatieduur werd weer langer, de nystagmuscurven na rotatie naar links en rechts kwamen weer dicht bij elkaar en verschoven gelijktijdig ook naar links. Na enkele maanden was het peil vóór de operatie in het algemeen weer bereikt.

Conclusies:

Het rotatoire onderzoek door middel van kleine gedoseerde draaiprikkels volgens *van Egmond, Jongkees* en *Groen*, verdient de voorkeur boven het klassieke onderzoek van *Bárány*. De postrotatoire nystagmus na subliminale acceleratie tot nauwkeurig bekende snelheden van physiologische intensiteit is beter te volgen en de duur is daardoor nauwkeuriger te bepalen. Het bepalen van de nystagmusduur na verschillende impulsen in beide draairichtingen geeft een beter inzicht in de vestibulaire functie dan de bepaling van één waarde na draaiïng in beide richtingen.

De meting van de postrotatoire sensatieduur levert slechts in een deel der gevallen een betrouwbaar resultaat op, aangezien vele normale en zieke individuen niet in staat zijn deze sensaties goed aan te geven. Een bij herhaling gevonden normale curve kan gelden als een bewijs, dat het vestibulaire apparaat goed functionneert, doch men blijft aan de beperkingen van het subjectieve onderzoek gebonden. Verdere onderzoekingen in samenhang met het gehele vestibulaire en neurologische onderzoek en zo mogelijk geverifieerd door de gegevens van operatie of obductie zullen hier nadere waardevolle gegevens kunnen opleveren.

De calorische prikkeling kan inlichten omtrent de prikkelbaarheid of onprikkelbaarheid van één, of beide labyrinthen en omtrent duidelijke verschillen in prikkelbaarheid tussen beide organen. Een bestaande richtingsvoorkeur dient met terughoudendheid en slechts in samenhang met andere verschijnselen gewaardeerd te worden.

De localisatie van bestaande afwijkingen in het labyrinth of de centrale kernen of banen wordt door de rotatoire of calorische prikkeling slechts in een aantal gevallen mogelijk gemaakt. Veelvuldig levert het samengaan van perifere stoornissen en centrale compensatieverschijnselen grote localisatorische moeilijkheden op, die in een aantal gevallen door een nauwe samenwerking met de neuroloog kunnen worden opgelost.

Tabel Ia

PROEFPERSOON A

| Datum | Tijd | Versnelling | | + sensaties + | + sensaties — | o/o waarg. prikkel (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|------------------|------------------|-----------------------------------------|----------|
| | | o/sec. ² | m.A. | | | | |
| 8-11-'49 | 0.4" | 1.663 | 350 | 33/49 | 3/25 | 62 | 2.1 |
| 9-11-'49 | " | " | " | 37/50 | 2/25 | 72 | |
| 12-11-'49 | " | " | " | 21/25 | 1/14 | 82 | |
| 12-11-'49 | " | " | " | 22/25 | 1/14 | 87 | |
| 26-11-'49 | " | " | " | 32/40 | 3/20 | 76 | |
| 26-11-'49 | " | " | " | 32/40 | 3/20 | 76 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 41/50 | 2/25 | 80 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 39/50 | 3/25 | 75 | |
| 7-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 5/25 | 62 | |
| 7-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 3/25 | 66 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 3/25 | 68 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 38/50 | 5/25 | 70 | |
| 13-12-'49 | " | " | " | 41/50 | 0/25 | 82 | |
| 13-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 4/25 | 64 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 45/50 | 2/25 | 89 | |
| | | | | 522/679 | 40/343 | 74 | |
| 4-11-'49 | 0.4" | 1.425 | 300 | 11/15 | 3/9 | 60 | 2.1 |
| 11-11-'49 | " | " | " | 25/31 | 1/16 | 79 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 23/33 | 2/16 | 66 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 23/33 | 2/16 | 66 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 29/45 | 5/23 | 54 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 28/45 | 3/23 | 56 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 19/34 | 2/17 | 50 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 20/35 | 2/17 | 51 | |
| 30-11-'49 | " | " | " | 27/42 | 3/21 | 58 | |
| 30-11-'49 | " | " | " | 31/42 | 5/21 | 66 | |
| 1-12-'50 | " | " | " | 37/50 | 2/25 | 72 | |
| 1-12-'50 | " | " | " | 35/50 | 3/25 | 66 | |
| 8-12-'49 | " | " | " | 32/50 | 3/25 | 59 | |
| 8-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 6/25 | 63 | |
| 9-12-'49 | " | " | " | 30/50 | 5/25 | 50 | |
| 9-12-'49 | " | " | " | 32/50 | 2/25 | 61 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 38/50 | 2/25 | 74 | |
| 21- 2-'50 | " | " | " | 38/50 | 3/25 | 73 | |
| 28- 2-'50 | " | " | " | 40/50 | 5/25 | 75 | |
| | | | | 554/805 | 59/404 | 64 | |
| 14-11-'49 | 0.4" | 1.188 | 250 | 19/35 | 0/19 | 54 | 2.5 |
| 14-11-'49 | " | " | " | 22/35 | 5/19 | 50 | |
| 14-12-'49 | " | " | " | 33/50 | 6/25 | 55 | |
| 14-12-'49 | " | " | " | 34/50 | 3/25 | 64 | |
| 15-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 4/25 | 67 | |
| 15-12-'49 | " | " | " | 30/50 | 3/25 | 55 | |
| 20- 1-'50 | " | " | " | 34/50 | 5/25 | 60 | |
| 20- 1-'50 | " | " | " | 37/50 | 5/25 | 67.5 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 42/50 | 6/25 | 79 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 36/50 | 6/25 | 63 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 41/50 | 5/25 | 77 | |
| | | | | 364/520 | 48/263 | 63 | |

| Datum | Tijd | Versnelling | | +sensaties + | +sensaties — | o/o waarg. prikkel (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------|----------|
| | | o/sec. ² | m.A. | | | | |
| 4-11-'49 | 0.4" | 0.95 | 200 | 20/35 | 3/17 | 48 | |
| 10-11-'49 | " | " | " | 33/55 | 2/27 | 68 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 27/44 | 3/16 | 52 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 26/44 | 3/14 | 48 | |
| 15-12-'49 | " | " | " | 38/50 | 5/25 | 70 | |
| 15-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 4/25 | 67 | |
| 16-12-'49 | " | " | " | 33/50 | 6/25 | 55 | |
| 16-12-'49 | " | " | " | 39/50 | 7/25 | 69 | |
| | | | | 252/378 | 33/174 | 59 | |
| | | | | | | | 3.5 |
| 15-11-'49 | 0.4" | 0.713 | 150 | 22/37 | 4/18 | 47 | |
| 16-11-'49 | " | " | " | 20/36 | 3/18 | 46 | |
| 21-11-'49 | " | " | " | 21/40 | 3/20 | 44 | |
| 21-11-'49 | " | " | " | 25/40 | 4/20 | 53 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 30/50 | 6/25 | 47 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 9/25 | 56 | |
| 10-12-'49 | " | " | " | 37/50 | 8/25 | 62 | |
| 10-12-'49 | " | " | " | 31/50 | 5/25 | 52.5 | |
| | | | | 222/353 | 42/176 | 51 | |
| | | | | | | | 4 |
| 20- 5-'50 | 0.4" | 0.475 | 100 | 23/50 | 9/25 | 16 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 22/51 | 10/25 | 5 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 37/54 | 10/27 | 7 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 18/33 | 12/27 | 18 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 25/40 | 6/25 | 51 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 29/50 | 2/25 | 54 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 27/50 | 8/25 | 32 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 20/50 | 7/25 | 17 | |
| | | | | 201/378 | 64/204 | 32 | |
| | | | | | | | 5 |
| 20- 5-'50 | 0.4" | 0.238 | 50 | 26/50 | 10/25 | 20 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 18/50 | 4/25 | 24 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 22/50 | 4/25 | 33 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 18/50 | 10/25 | — 6.5 | |
| 27- 5-'50 | " | " | " | 18/50 | 12/25 | —23 | |
| 27- 5-'50 | " | " | " | 25/50 | 11/25 | 11 | |
| | | | | 127/300 | 51/150 | 12 | |
| | | | | | | | 5 |
| 10- 9-'50 | 0.4" | 0.158 | 33.3 | 21/50 | 10/25 | 3 | |
| 10- 9-'50 | " | " | " | 19/50 | 13/25 | —29 | |
| 10- 9-'50 | " | " | " | 26/50 | 11/25 | 14 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 25/50 | 8/25 | 26 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 16/50 | 6/25 | 10.5 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 31/50 | 13/25 | 21 | |
| | | | | 138/300 | 61/150 | 9 | |
| | | | | | | | 6 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| Datum | Tijd | Versnelling | | + + sensaties | + - sensaties | o/o waarg. prikkels (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|------------------|------------------|------------------------------------------|----------|
| | | °/sec. ² | m.A. | | | | |
| 11- 9-'50 | 0.4" | 0.095 | 20 | 18/50 | 8/25 | 6 | 6 |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 25/50 | 10/25 | 17 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 16/50 | 9/25 | — 6 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 21/50 | 6/25 | 24 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 23/50 | 9/25 | 16 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 27/50 | 12/25 | 11.5 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 17/50 | 8/25 | 3 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 19/50 | 10/25 | — 3 | |
| | | | | 166/400 | 72/200 | 9 | |
| 12- 9-'50 | 0.4" | 0.079 | 16.6 | 16/50 | 9/25 | — 6 | 6 |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 20/50 | 10/25 | 0 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 24/50 | 11/25 | 7 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 21/50 | 6/25 | 24 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 28/50 | 12/25 | 15 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 22/50 | 10/25 | 7 | |
| | | | | 131/300 | 58/150 | 8 | |

Tabel Ib

PROEFPERSOON B

| Datum | Tijd | Versnelling | | + + sensaties | + - sensaties | o/o waarg. prikkels (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|------------------|------------------|------------------------------------------|----------|
| | | °/sec. ² | m.A. | | | | |
| 8-11-'49 | 0.4" | 1.663 | 350 | 33/50 | 3/23 | 61 | 1 |
| 12-11-'49 | " | " | " | 14/25 | 1/14 | 44 | |
| 12-11-'49 | " | " | " | 20/25 | 0/14 | 80 | |
| 25-11-'49 | " | " | " | 36/50 | 3/25 | 68 | |
| 25-11-'49 | " | " | " | 33/50 | 2/25 | 63 | |
| 26-11-'49 | " | " | " | 31/42 | 2/24 | 72 | |
| 26-11-'49 | " | " | " | 35/42 | 7/24 | 76 | |
| 26-11-'49 | " | " | " | 44/50 | 2/25 | 87 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 1/25 | 69 | |
| 3-12-'49 | " | " | " | 36/50 | 4/25 | 67 | |
| 7-12-'49 | " | " | " | 42/50 | 0/25 | 84 | |
| 7-12-'49 | " | " | " | 42/50 | 2/25 | 83 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 41/50 | 3/25 | 79 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 46/50 | 3/25 | 91 | |
| 13-12-'49 | " | " | " | 46/50 | 3/25 | 91 | |
| 13-12-'49 | " | " | " | 42/50 | 3/25 | 82 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 34/50 | 2/25 | 65 | |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 38/50 | 1/25 | 75 | |
| 28- 3-'50 | " | " | " | 38/50 | 3/25 | 73 | |
| 31- 3-'50 | " | " | " | 36/50 | 4/25 | 66 | |
| 31- 3-'50 | " | " | " | 31/50 | 5/25 | 52.5 | |
| 31- 3-'50 | " | " | " | 46/50 | 1/25 | 92 | |
| | | | | 789/1034 | 55/524 | 73 | |

| Datum | Tijd | Versnelling | | + +sensaties | + -sensaties | o/o waarg. prikkel (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------|----------|
| | | o/sec. ² | m.A. | | | | |
| 4-11-'49 | 0.4" | 1.425 | 300 | 31/47 | 4/18 | 56 | |
| 10-11-'49 | " | " | " | 32/45 | 5/35 | 66 | |
| 11-11-'49 | " | " | " | 22/34 | 4/19 | 56 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 17/30 | 3/15 | 46 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 22/32 | 2/18 | 65 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 24/32 | 5/20 | 66 | |
| 24-11-'49 | " | " | " | 20/32 | 6/20 | 46 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 20/34 | 4/23 | 50 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 27/35 | 1/22 | 76 | |
| 30-11-'49 | " | " | " | 21/35 | 3/22 | 54 | |
| 30-11-'49 | " | " | " | 29/41 | 2/24 | 68 | |
| 1-12-'49 | " | " | " | 32/41 | 4/24 | 74 | |
| 1-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 1/25 | 69 | |
| 8-12-'49 | " | " | " | 35/50 | 5/25 | 62 | |
| 8-12-'49 | " | " | " | 38/50 | 5/25 | 70 | |
| 9-12-'49 | " | " | " | 40/50 | 5/25 | 75 | |
| 9-12-'49 | " | " | " | 45/50 | 2/25 | 89 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 37/50 | 5/25 | 67 | |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 40/50 | 2/25 | 78 | |
| | | | | 567/788 | 68/435 | 67 | 1.7 |
| 9-11-'49 | 0.4" | 1.188 | 250 | 34/60 | 6/28 | 58 | |
| 14-11-'49 | " | " | " | 20/34 | 3/18 | 51 | |
| 14-11-'49 | " | " | " | 29/36 | 1/20 | 80 | |
| 16-11-'49 | " | " | " | 27/35 | 3/22 | 60 | |
| 16-11-'49 | " | " | " | 23/37 | 1/19 | 73 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 21/37 | 3/22 | 50 | |
| 12-12-'49 | " | " | " | 26/35 | 4/21 | 68 | |
| 16-12-'49 | " | " | " | 33/50 | 4/25 | 59 | |
| 16-12-'49 | " | " | " | 42/50 | 5/25 | 80 | |
| 21- 1-'50 | " | " | " | 35/50 | 1/25 | 69 | |
| 20- 2-'50 | " | " | " | 38/50 | 2/25 | 74 | |
| 20- 2-'50 | " | " | " | 40/50 | 1/25 | 79 | |
| 22- 2-'50 | " | " | " | 37/50 | 2/25 | 72 | |
| 22- 2-'50 | " | " | " | 36/50 | 3/25 | 68 | |
| 22- 2-'50 | " | " | " | 35/50 | 3/25 | 66 | |
| 28- 2-'50 | " | " | " | 41/50 | 2/25 | 80 | |
| | | | | 517/724 | 44/375 | 67 | 1.8 |
| 7-11-'49 | 0.4" | 0.95 | 200 | 54/86 | 9/36 | 51 | |
| 10-11-'49 | " | " | " | 26/55 | 7/34 | 33 | |
| 12-11-'49 | " | " | " | 38/54 | 2/27 | 68 | |
| 16-11-'49 | " | " | " | 24/37 | 0/22 | 65 | |
| 16-11-'49 | " | " | " | 33/45 | 2/23 | 70 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 22/31 | 5/32 | 66 | |
| 19-11-'49 | " | " | " | 27/44 | 2/30 | 65 | |
| 9- 1-'50 | " | " | " | 37/50 | 3/25 | 70 | |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 34/50 | 1/25 | 66 | |
| | | | | 295/452 | 31/254 | 60 | 3 |

| Datum | Tijd | Versnelling | | + sensaties | + sensaties | %o waarg. prikkele (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|----------------|----------------|-----------------------------------------|----------|
| | | °/sec. ² | m.A. | | | | |
| 15-11-'49 | 0.4" | 0.713 | 150 | 18/32 | 3/17 | 47 | 3.8 |
| 15-11-'49 | " | " | " | 19/33 | 3/20 | 50 | |
| 21-11-'49 | " | " | " | 30/49 | 5/29 | 53 | |
| 21-11-'49 | " | " | " | 20/37 | 1/19 | 52 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 28/50 | 5/25 | 45 | |
| 28-11-'49 | " | " | " | 24/50 | 3/25 | 41 | |
| 9- 1-'50 | " | " | " | 32/50 | 6/25 | 53 | |
| 9- 1-'50 | " | " | " | 22/50 | 4/25 | 33 | |
| | | | | 193/351 | 30/185 | 46 | |
| 20- 5-'50 | 0.4" | 0.475 | 100 | 32/50 | 9/22 | 39 | 5 |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 24/50 | 3/21 | 39 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 30/50 | 6/25 | 47 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 28/50 | 7/25 | 39 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 24/50 | 5/25 | 35 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 26/50 | 6/25 | 37 | |
| | | | | 164/300 | 36/143 | 38 | |
| 12- 5-'50 | 0.4" | 0.238 | 50 | 20/50 | 9/25 | 6 | |
| 12- 5-'50 | " | " | " | 25/50 | 9/48 | 38 | |
| 20- 5-'50 | " | " | " | 21/50 | 7/25 | 19 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 18/50 | 8/25 | 6 | 4 |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 20/50 | 7/25 | 17 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 22/50 | 9/25 | 9 | |
| | | | | 126/300 | 49/173 | 22 | |
| 10- 9-'50 | 0.4" | 0.158 | 33.3 | 20/50 | 9/25 | 6 | |
| 10- 9-'50 | " | " | " | 30/50 | 4/25 | 52 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 17/50 | 3/25 | 25 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 22/50 | 15/25 | -40 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 14/50 | 6/25 | 5 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 15/50 | 7/25 | 3 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 18/50 | 9/25 | 0 | 6 |
| | | | | 136/350 | 53/175 | 13 | |
| 10- 9-'50 | 0.4" | 0.095 | 20 | 15/50 | 10/25 | -17 | |
| 10- 9-'50 | " | " | " | 13/50 | 4/25 | 12 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 22/50 | 6/25 | 26 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 19/50 | 9/25 | 3 | |
| 12- 9-'50 | " | " | " | 28/50 | 12/25 | 15 | |
| 13- 9-'50 | " | " | " | 20/50 | 12/25 | -15 | |
| | | | | 117/300 | 53/150 | 6 | |
| 10- 9-'50 | 0.4" | 0.079 | 16.6 | 15/50 | 8/25 | -3 | 7 |
| 10- 9-'50 | " | " | " | 28/50 | 16/25 | -22 | |
| 11- 9-'50 | " | " | " | 29/50 | 12/25 | 19 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 16/50 | 10/25 | -13 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 26/50 | 4/25 | 43 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 14/50 | 13/25 | -50 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 18/50 | 7/25 | 11 | |
| 14- 9-'50 | " | " | " | 23/50 | 10/25 | 10 | |
| | | | | 169/400 | 80/200 | 3 | |

Tabel Ic

PROEFPERSOON C

| Datum | Tijd | Versnelling | | + sensaties + | + sensaties — | % waarg. prikkel (na correctie) | σ |
|-----------|------|--------------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------|
| | | $^{\circ}/\text{sec.}^2$ | m.A. | | | | |
| 25- 1-'50 | 0.4" | 1.663 | 350 | 49/50 | 1/25 | 98 | 1 |
| 25- 1-'50 | " | " | " | 48/50 | 2/25 | 96 | |
| 31- 1-'50 | " | " | " | 49/50 | 0/25 | 98 | |
| 31- 1-'50 | " | " | " | 49/50 | 0/25 | 98 | |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 48/50 | 0/25 | 96 | |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 49/50 | 0/25 | 98 | |
| | | | | 292/300 | 3/150 | 97 | |
| 12-11-'49 | 0.4" | 1.425 | 300 | 34/34 | 2/22 | 100 | |
| 12-11-'49 | " | " | " | 31/34 | 0/22 | 91 | |
| 24- 1-'50 | " | " | " | 49/50 | 1/25 | 98 | |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 47/50 | 1/25 | 94 | 1.5 |
| 14- 2-'50 | " | " | " | 48/50 | 1/25 | 96 | |
| 15- 2-'50 | " | " | " | 46/50 | 1/25 | 92 | |
| 15- 2-'50 | " | " | " | 45/50 | 1/25 | 90 | |
| 16- 2-'50 | " | " | " | 45/50 | 1/25 | 90 | |
| 16- 2-'50 | " | " | " | 49/50 | 1/25 | 98 | |
| 20- 2-'50 | " | " | " | 41/50 | 2/25 | 80 | |
| | | | | 435/468 | 11/244 | 93 | |
| 10- 1-'50 | 0.4" | 1.188 | 250 | 47/50 | 1/25 | 94 | 2.5 |
| 20- 1-'50 | " | " | " | 39/50 | 1/25 | 77 | |
| 20- 2-'50 | " | " | " | 41/50 | 2/25 | 80 | |
| 22- 2-'50 | " | " | " | 43/50 | 2/25 | 85 | |
| 22- 2-'50 | " | " | " | 40/50 | 1/25 | 79 | |
| 23- 2-'50 | " | " | " | 44/50 | 2/25 | 87 | |
| 23- 2-'50 | " | " | " | 45/50 | 3/25 | 89 | |
| | | | | 299/350 | 12/175 | 84 | |
| 24- 1-'50 | 0.4" | 0.95 | 200 | 44/50 | 1/25 | 87 | |
| 7- 3-'50 | " | " | " | 39/50 | 2/25 | 76 | 2.5 |
| 7- 3-'50 | " | " | " | 37/50 | 3/25 | 71 | |
| 7- 3-'50 | " | " | " | 41/50 | 1/25 | 81 | |
| 7- 3-'50 | " | " | " | 39/50 | 2/25 | 76 | |
| 8- 4-'50 | " | " | " | 41/50 | 2/25 | 80 | |
| 9- 4-'50 | " | " | " | 35/50 | 3/25 | 66 | |
| 9- 4-'50 | " | " | " | 42/50 | 0/25 | 84 | |
| | | | | 318/400 | 14/200 | 78 | |
| 8- 3-'50 | 0.4" | 0.713 | 150 | 38/50 | 4/25 | 71 | |
| 8- 3-'50 | " | " | " | 37/50 | 3/25 | 71 | 3.2 |
| 8- 3-'50 | " | " | " | 35/50 | 4/25 | 64 | |
| 8- 3-'50 | " | " | " | 38/50 | 2/25 | 74 | |
| 8- 3-'50 | " | " | " | 37/50 | 3/25 | 71 | |
| 20- 5-'50 | " | " | " | 37/50 | 2/25 | 72 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 36/50 | 4/25 | 67 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 38/50 | 5/25 | 70 | |
| | | | | 296/400 | 27/200 | 70 | |

| Datum | Tijd | Versnelling | | + + sensaties | + - sensaties | °/o waarg. prikkel (na correctie) | σ |
|-----------|------|---------------------|------|------------------|------------------|-----------------------------------------|----------|
| | | °/sec. ² | m.A. | | | | |
| 23- 5-'50 | 0.4" | 0.475 | 100 | 33/50 | 10/25 | 43 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 35/50 | 8/25 | 56 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 35/50 | 9/25 | 53 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 32/50 | 9/25 | 44 | |
| 24- 5-'50 | " | " | " | 31/50 | 7/25 | 47 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 34/50 | 9/25 | 50 | |
| | | | | 190/300 | 52/150 | 49 | 5 |
| 24- 5-'50 | 0.4" | 0.238 | 50 | 31/50 | 9/25 | 41 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 27/50 | 11/25 | 18 | |
| 25- 5-'50 | " | " | " | 29/50 | 8/25 | 38 | |
| 27- 5-'50 | " | " | " | 28/50 | 9/25 | 31 | |
| " | " | " | " | 26/50 | 10/25 | 20 | |
| 30- 5-'50 | " | " | " | 28/50 | 12/25 | 15 | |
| | | | | 169/300 | 59/150 | 28 | 5 |
| 20- 5-'50 | 0.4" | 0.158 | 25 | 22/50 | 10/25 | 7 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 24/50 | 9/25 | 19 | |
| 22- 5-'50 | " | " | " | 20/50 | 11/25 | — 7 | |
| 23- 5-'50 | " | " | " | 23/50 | 9/25 | 16 | |
| 27- 5-'50 | " | " | " | 18/50 | 10/25 | — 7 | |
| 27- 5-'50 | " | " | " | 21/50 | 9/25 | 8 | |
| | | | | 128/300 | 58/150 | 7 | 5 |

Tabel II

9 PROEFPERSONEN: NYSTAGMUSDUUR NA PRIKKELING MET EEN
WISSELENDE HOEVEELHEID WATER IN CONSTATE TIJD (30")
EN VAN GELIJKE TEMP. (44° C. en 30° C.)

| P.P. | Temp. | Zijde | 500 cc. | 250 cc. | 50 cc. | 5 cc. |
|------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
| 1 | 44° | < R | 1' 40" | 1' 45" | 1' 35" | 1' 30" |
| | | L | 1' 40" | 1' 45" | 1' 30" | 1' 35" |
| | 30° | < R | 2' 05" | 2' | 2' | 1' 50" |
| | | L | 2' 05" | 2' 15" | 2' 05" | 2' |
| 2 | 44° | < R | 2' 20" | 2' 15" | 2' 25" | 2' 20" |
| | | L | 2' 25" | 2' 15" | 2' 20" | 2' 15" |
| | 30° | < R | 2' 30" | 2' 30" | 2' 35" | 2' 35" |
| | | L | 2' 35" | 2' 35" | 2' 35" | 2' 40" |
| 3 | 44° | < R | 2' 50" | 2' 45" | 2' 30" | 2' 45" |
| | | L | 2' 40" | 2' 45" | 2' 35" | 2' 35" |
| | 30° | < R | 2' 05" | 2' 10" | 2' | 2' |
| | | L | 2' 05" | 2' 15" | 2' 05" | 2' 10" |
| 4 | 44° | < R | 2' 25" | 2' 15" | 2' | 2' |
| | | L | 2' 15" | 2' 05" | 2' 05" | 2' 05" |
| | 30° | < R | 2' 30" | 2' 25" | 2' 10" | 2' 25" |
| | | L | 2' 20" | 2' 20" | 2' 15" | 2' 20" |
| 5 | 44° | < R | 3' 10" | 3' 20" | 3' 10" | 3' 15" |
| | | L | 3' 20" | 3' 25" | 3' 15" | 3' 15" |
| | 30° | < R | 2' 40" | 2' 50" | 2' 30" | 2' 30" |
| | | L | 2' 40" | 2' 40" | 2' 35" | 2' 30" |
| 6 | 44° | < R | 1' 40" | 1' 40" | 1' 35" | 1' 45" |
| | | L | 1' 50" | 1' 45" | 1' 40" | 1' 30" |
| | 30° | < R | 2' 15" | 2' 15" | 2' 15" | 2' 10" |
| | | L | 2' 20" | 2' 15" | 2' 20" | 2' 15" |
| 7 | 44° | < R | 2' 45" | 2' 50" | 2' 40" | 2' 25" |
| | | L | 2' 45" | 2' 40" | 2' 40" | 2' 35" |
| | 30° | < R | 2' 35" | 2' 35" | 2' 30" | 2' 35" |
| | | L | 2' 35" | 2' 40" | 2' 40" | 2' 40" |
| 8 | 44° | < R | 1' 25" | 1' 15" | 1' 15" | 1' 20" |
| | | L | 1' 30" | 1' 25" | 1' 20" | 1' 15" |
| | 30° | < R | 1' 45" | 1' 40" | 1' 10" | 1' 35" |
| | | L | 1' 45" | 1' 45" | 1' 15" | 1' 30" |
| 9 | 44° | < R | 2' 15" | 2' 10" | 2' 05" | 2' 10" |
| | | L | 2' 15" | 2' 15" | 2' 10" | 2' 05" |
| | 30° | < R | 2' 30" | 2' 35" | 2' 35" | 2' 30" |
| | | L | 2' 30" | 2' 30" | 2' 40" | 2' 40" |
| Gem. | 44° | < R | 2' 15" | 2' 15" | 2' 10" | 2' 10" |
| | | L | 2' 10" | 2' 15" | 2' 10" | 2' 05" |
| | 30° | < R | 2' 20" | 2' 20" | 2' 15" | 2' 15" |
| | | L | 2' 20" | 2' 20" | 2' 20" | 2' 20" |

Tabel III

9 PROEFPERSONEN: NYSTAGMUSDIUR NA CALORISCHE PRIKKE-
LING MET WISSELENDE HOEVEELHEID WATER, WISSELENDE
TIJDSDIUR, DOCH GELIJKE TEMPERATUUR

| P.P. | Temp. | Zijde | 250 cc-30" | 5 cc-30" | 5 cc-5" | Verschil 1—2 | Verschil 2—3 | Verschil 1—3 |
|------|-------|-------|------------|----------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 44° | < R | 1' 45" | 1' 30" | 1' 05" | —15" | —25" | —40" |
| | | < L | 1' 45" | 1' 35" | 1' 05" | —10" | —30" | —40" |
| | 30° | < R | 2' | 1' 50" | 1' 20" | —10" | —30" | —40" |
| | | < L | 2' 15" | 2' | 1' 30" | —15" | —30" | —45" |
| 2 | 44° | < R | 2' 15" | 2' 20" | 2' | + 5" | —20" | —15" |
| | | < L | 2' 15" | 2' 15" | 2' 10" | 0 | — 5" | — 5" |
| | 30° | < R | 2' 30" | 2' 35" | 2' 30" | + 5" | — 5" | 0 |
| | | < L | 2' 35" | 2' 40" | 2' 30" | + 5" | —10" | — 5" |
| 3 | 44° | < R | 2' 45" | 2' 35" | 2' 30" | —10" | — 5" | —15" |
| | | < L | 2' 45" | 2' 40" | 2' 35" | — 5" | — 5" | —10" |
| | 30° | < R | 2' 10" | 2' | 2' | —10" | 0 | —10" |
| | | < L | 2' 15" | 2' 10" | 2' | — 5" | —10" | —15" |
| 4 | 44° | < R | 2' 15" | 2' | 1' 50" | —15" | —10" | —25" |
| | | < L | 2' 05" | 2' 05" | 1' 50" | 0 | —15" | —15" |
| | 30° | < R | 2' 25" | 2' 25" | 2' 10" | 0 | —15" | —15" |
| | | < L | 2' 20" | 2' 20" | 2' 20" | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 44° | < R | 3' 20" | 3' 15" | 2' 45" | — 5" | —30" | —35" |
| | | < L | 3' 25" | 3' 15" | 2' 40" | —10" | —25" | —35" |
| | 30° | < R | 2' 50" | 2' 30" | 2' 15" | —20" | —15" | —35" |
| | | < L | 2' 40" | 2' 30" | 2' 10" | —10" | —20" | —30" |
| 6 | 44° | < R | 1' 40" | 1' 45" | 1' 25" | + 5" | —20" | —15" |
| | | < L | 1' 45" | 1' 30" | 1' 25" | —15" | — 5" | —20 |
| | 30° | < R | 2' 15" | 2' 10" | 1' 55" | — 5" | —15" | —20 |
| | | < L | 2' 15" | 2' 15" | 1' 50" | 0 | —25" | —25" |
| 7 | 44° | < R | 2' 50" | 2' 25" | 2' 05" | —25" | —20" | —45" |
| | | < L | 2' 40" | 2' 35" | 2' 10" | — 5" | —25" | —30" |
| | 30° | < R | 2' 35" | 2' 35" | 2' 35" | 0 | 0 | 0 |
| | | < L | 2' 40" | 2' 40" | 2' 30" | 0 | —10" | —10" |
| 8 | 44° | < R | 1' 15" | 1' 20" | 0' 50" | + 5" | —30" | —25" |
| | | < L | 1' 25" | 1' 15" | 1' | —10" | —15" | —25" |
| | 30° | < R | 1' 40" | 1' 35" | 1' 10" | — 5" | —25" | —30" |
| | | < L | 1' 45" | 1' 30" | 1' 10" | —15" | —20" | —35" |
| 9 | 44° | < R | 2' 10" | 2' 10" | 2' 15" | 0 | + 5" | + 5" |
| | | < L | 2' 15" | 2' 05" | 2' 10" | —10" | + 5" | + 5" |
| | 30° | < R | 2' 35" | 2' 30" | 2' 20" | — 5" | —10" | —15" |
| | | < L | 2' 30" | 2' 40" | 2' 20" | +10" | —20" | —10" |
| Gem. | 44° | < R | 2' 15" | 2' 10" | 1' 50" | — 5" | —20" | —25" |
| | | < L | 2' 15" | 2' 05" | 1' 55" | —10" | —10" | —20" |
| | 30° | < R | 2' 20" | 2' 15" | 2' | — 5" | —25" | —20" |
| | | < L | 2' 20" | 2' 20" | 2' | 0 | —20" | —20" |

Tabel IV.

24 PROEFPERSONEN: NYSTAGMUSDUUR NA CALORISCHE
PRIKKELING MET 250 cc WATER VAN 44° C. en 30° C. GED. 30 SEC.

| | | | | | | | |
|----|-------|--------|--------------------------|----|-------|--------|--------------------------|
| 1 | 44° < | R L | 1' 45" → R 1' 45" ← L | 13 | 44° < | R L | 2' 10" → R 2' 10" ← L |
| | 30° < | R L | 2' → L 2' 05" → R | | 30° < | R L | 2' 55" ← L 3' → R |
| 2 | 44° < | R L | 2' 15" → R 2' 15" ← L | 14 | 44° < | R L | 2' 25" → R 2' 30" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 30" ← L 2' 35" → R | | 30° < | R L | 3' 05" ← L 3' 15" → R |
| 3 | 44° < | R L | 2' 45" → R 2' 45" ← L | 15 | 44° < | R L | 2' 20" → R 2' 30" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 10" ← L 2' 15" → R | | 30° < | R L | 2' 45" ← L 2' 50" → R |
| 4 | 44° < | R L | 2' 15" → R 2' 05" ← L | 16 | 44° < | R L | 2' 50" → R 2' 20" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 25" ← L 2' 20" → R | | 30° < | R L | 2' 40" ← L 3' 15" → R |
| 5 | 44° < | R L | 3' 20" → R 3' 25" ← L | 17 | 44° < | R L | 0' 50" → R 0' 50" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 50" ← L 2' 40" → R | | 30° < | R L | 1' 50" ← L 2' → R |
| 6 | 44° < | R L | 1' 40" → R 1' 45" ← L | 18 | 44° < | R L | 2' 05" → R 2' 05" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 15" ← L 2' 15" → R | | 30° < | R L | 2' 40" ← L 2' 35" → R |
| 7 | 44° < | R L | 2' 50" → R 2' 40" ← L | 19 | 44° < | R L | 2' 50" → R 2' 20" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 35" ← L 2' 40" → R | | 30° < | R L | 2' 45" ← L 3' 20" → R |
| 8 | 44° < | R L | 1' 15" → R 1' 25" ← L | 20 | 44° < | R L | 2' 15" → R 2' 15" ← L |
| | 30° < | R L | 1' 40" ← L 1' 45" → R | | 30° < | R L | 2' 20" ← L 2' 20" → R |
| 9 | 44° < | R L | 2' 10" → R 2' 15" ← L | 21 | 44° < | R L | 2' 05" → R 2' → L |
| | 30° < | R L | 2' 35" ← L 2' 30" → R | | 30° < | R L | 2' 25" ← L 2' 45" → R |
| 10 | 44° < | R L | 2' 05" → R 2' 30" ← L | 22 | 44° < | R L | 1' 55" → R 1' 50" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 25" ← L 2' 10" → R | | 30° < | R L | 2' 30" ← L 2' 50" → R |
| 11 | 44° < | R L | 2' 05" → R 2' 10" ← L | 23 | 44° < | R L | 2' 10" → R 2' 55" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 50" ← L 2' 45" → R | | 30° < | R L | 3' → L 2' 15" → R |
| 12 | 44° < | R L | 1' 35" → R 1' 35" ← L | 24 | 44° < | R L | 2' 35" → R 2' 35" ← L |
| | 30° < | R L | 2' 10" ← L 2' 15" → R | | 30° < | R L | 2' 55" ← L 2' 50" → R |

Gemiddeld: 44° < R 2' 11" → R
L 2' 13" ← L
30° < R 2' 34" ← L
L 2' 36" → R

SAMENVATTING.

In dit proefschrift wordt gepoogd een inzicht te krijgen in de waarde van de vestibulaire onderzoekingsmethoden door middel van rotatoire en calorische prikkels. In een overzicht van de historische ontwikkeling van het rotatoire onderzoek wordt uitvoerig ingegaan op het onderzoek door middel van kleine gedoseerde draaiprikkels volgens *van Egmond, Jongkees* en *Groen*, de *cupulometrie*. De grote betekenis van de onderzoekingen van de Utrechtse school wordt besproken. De *cupulometrie*, beter genoemd *cupulokinetografie* wordt in de Groninger kliniek uitgevoerd met een hiervoor gebouwde, eenvoudige, doch zeer praktische draaistoel, die van een snelheidsmeter is voorzien.

Waarnemingen bij 55 normale proefpersonen worden beschreven; hieruit kan de conclusie worden getrokken, dat de curve van de postrotatoire nystagmus een beter inzicht geeft in de vestibulaire functie dan het klassieke onderzoek volgens *Bárány*. De bepaling van de postrotatoire sensatieduur bij prikkels van verschillende intensiteit blijkt in vele gevallen niet tot een goed resultaat te voeren; de moeilijkheden, die zich hierbij voordoen worden uitvoerig besproken.

Bij een 3-tal proefpersonen werd met behulp van een door *de Vries* geconstrueerde draaistoel in een grote reeks proeven het minimum-perceptibile van de draaigewaarwording bepaald. Een bepaalde minimum-waarde blijkt niet te bestaan: bij afnemende prikkelintensiteit naar 0, daalt eveneens de bijbehorende fractie waargenomen prikkels tot vrijwel 0.

Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de calorische prikkeling in de verschillende modificaties. Aan de hand van eigen waarnemingen en in overeenstemming met *Jongkees* wordt gevonden, dat deze prikkeling op de beste wijze geschiedt, indien het hoofd van de liggende patient 30° boven het horizontale vlak wordt geplaatst en beide gehoorgangen achtereenvolgens worden

geïrrigeerd met een ruime hoeveelheid (250 cc) water van 44° C en 30° C gedurende 25 seconden. De latentietijd wordt niet van betekenis geacht; van de verschillende nystagmuscomponenten is de duur de belangrijkste. De calorische prikkeling kan uitsluitend geven omtrent het al- of niet-prikkelbaar zijn van elk orgaan en omtrent duidelijke verschillen tussen de linker en rechter zijde. Bij symmetrische reacties laat de duur van de nystagmus geen conclusies toe omtrent hypo- of hyperreflexibiliteit. Een richtingsvoorkeur van de nystagmus wordt soms ook bij normale proefpersonen gevonden en is dus geen absoluut pathologisch symptoom.

Bij normale duiven en bij duiven waarbij aan één zijde ingrepen aan het labyrint waren verricht, werd een rotatoir onderzoek ingesteld met zwakke en sterke prikkels. De kopnystagmus bij de duif leent zich uitstekend voor observatie. De nystagmus na prikkels van verschillende intensiteit in beide richtingen werd zo natuurgetrouw mogelijk grafisch weergegeven, waarbij alle componenten goed tot uiting komen. Indien deze componenten afzonderlijk in een grafiek worden uitgezet tegen de logaritmie van de hoeksnelheid, ontstaat vrijwel steeds een fraaie rechtlijnige curve, die een goede experimentele bevestiging vormt van de nystagmus-curve bij de mens. Respectievelijk werd bij 3 series duiven een booggangsdoorsnijding, een labyrintextirpatie en een booggangs-fenestratie uitgevoerd. Bij alle dieren viel post-operatief de sterke daling in de intensiteit der reacties op, die aanvankelijk geheel in overeenstemming waren met de 2e wet van *Ewald*. Bij voortgezet onderzoek werden de verschijnselen gecompliceerder en in een aantal gevallen trad een paradoxe reactie op, wellicht als gevolg van een intredende centrale compensatie. Bij de gefenestreerde duiven werd post-operatief de reactie van *Tullio* nagegaan, die bij 4 duiven een goede crista-functie aantoonde en bij 2 duiven wees op een (tijdelijke) crista-uitval. Slechts bij de gefenestreerde duiven werd een volledig herstel tot het pré-operatieve peil aangetroffen. Bij de beide andere series duiven trad wel een compensatie volgens *Ruttin* op, doch de intensiteit der reacties bleef geringer dan vóór de ingreep.

Tenslotte worden de resultaten besproken van het onderzoek van ± 150 patienten. Hierbij werd een aantal patienten, die met streptomycine werden behandeld en een kleine serie gefenestreerde

patienten, apart beschouwd. Het merendeel der patienten werd onderzocht op grond van bestaande duizeligheidsklachten. In een aantal gevallen gaf het vestibulaire onderzoek, waarbij naast de rotatoire en calorische prikkeling, ook de anamnese en het onderzoek naar spontane symptomen van veel betekenis zijn, een bevredigend inzicht in de aard en de localisatie van de stoornis. Bij vele patienten was dit echter niet het geval. Een nauwe samenwerking met de neuroloog is van het grootste belang.

Er werd bevestigd, dat de onderzoekingsmethode met zwakke, rotatoire prikkels volgens *van Egmond, Jongkees* en *Groen* zeer belangrijk is voor de kliniek. Dit geldt vooral voor de bepaling van de nystagmusduur. Daarentegen zijn de verhoudingen bij het onderzoek van de draaigewaarwordingen dermate ingewikkeld, dat de waarde hiervan nog niet voldoende kan worden overzien.

SUMMARY.

In this thesis an attempt is made to obtain an insight into the value of the methods of examination of the semicircular canals of the vestibular organ by means of rotatory and caloric stimulation. In a survey of the historic development of the rotation tests, the examination by means of small regulable stimuli according to *van Egmond*, *Jongkees* and *Groen*, *cupulometry*, is extensively discussed. The great value of the investigations of the Utrecht school is emphasized. *Cupulometry*, better called *cupulokinetography* is performed in the Groningen University Clinic by means of a simple, but very practical turning chair, built for this purpose and provided with a speedometer.

The observations, made from 55 normal testpersons are described; from these it can be concluded, that the graph of the postrotatory nystagmus gives a better insight into the vestibular function, than the classic examination according to *Bárány*. The determination of the duration of postrotatory sensations after stimuli of various intensities in many cases appears not to give good results; the difficulties met with are extensively discussed.

With 3 testpersons, in a long series of experiments, the minimum-perceptible of the turning sensation was determined by means of a turning chair, constructed by *de Vries*. A definite threshold proves not to exist: when the intensity of the stimuli decreases to almost nil, the appertaining fraction of observed stimuli also decreases to almost nil.

Subsequently a survey is given of the caloric stimulation in its various modifications. From observations of the author, and in agreement with *Jongkees*, it is found, that this stimulation is most satisfactorily performed if — according to *Hallpike's* method — the head of the recumbent patient is placed 30° above the horizontal plane and both auditory canals are successively irrigated with an ample quantity (250 cc) of water of 44° C and 30° C during 25

seconds. The latent period is not considered to be important; of the various components of the nystagmus, the duration is the most important one. The caloric stimulation can give a decisive answer concerning the irritability or non-irritability of either vestibular organ and concerning obvious differences between the left and right side. When the reactions are symmetrical, the duration of the nystagmus does not allow conclusions concerning hypo- or hyper-reflexia. Directional preponderance of the nystagmus is sometimes also found in normal testpersons and consequently is no absolute pathologic symptom.

On normal pigeons and pigeons after operations on the labyrinth of one side, a rotatory examination was performed with weak and strong stimuli. The head-nystagmus of the pigeon is very well fitted for observation. The nystagmus after stimuli of various intensities in both directions was graphically reproduced, all the components finding good expression. If these components are separately plotted against the logarithm of the angular velocity, a fine rectilinear graph is nearly always found, forming an excellent experimental confirmation of the nystagmus-graph in man. On 3 series of pigeons section of the horizontal semicircular canal, extirpation of the labyrinth and fenestration of the horizontal semicircular canal were respectively performed. In all cases a conspicuous post-operational drop in the intensity of the reactions was seen. Initially the reactions were completely in agreement with *Ewald's* 2nd. law. When continuing the examination however, the phenomena grew more complicated and in a number of cases a paradoxical reaction was seen, perhaps as a result of the development of central compensatory mechanisms. *Tullio's* reaction was post-operationally checked on the fenestrated pigeons; 4 pigeons proved to have a good function of the crista, whereas 2 pigeons had a (temporary) loss of the crista-reactions. Only the fenestrated pigeons showed a complete recovery to the pre-operative condition. In the 2 other series of pigeons a compensation according to *Ruttin* did appear, but the intensity of the reactions did not reach the pre-operative level.

Finally the results are discussed of approximately 150 examined patients. A number of patients, who were being treated with streptomycin and a small series of fenestrated patients were

separately considered. The greater part of the patients was examined because of existing vertiginous complaints. In a number of cases, the vestibular examination, in which beside the rotatory and caloric stimulation the anamnesis and the investigation for spontaneous symptoms is of great importance, gave a satisfactory insight into the nature and the localisation of the disturbance. With many patients however, this was not the case. A close cooperation with the neurologist is of the greatest importance.

It was affirmed, that the method of examination of the labyrinth with weak rotatory stimuli according to *van Egmond, Jongkees* and *Groen* is very important for the clinic. This particularly applies to the determination of the duration of the nystagmus. On the other hand, the relations in the examination of the turning sensations are complicated to such a degree, that their value can not yet be sufficiently estimated.

RESUME.

Cette thèse est un essai d'étude de la valeur des examens vestibulaires pratiqués au moyens d'excitations rotatoires et caloriques. Dans un aperçu historique du développement de l'examen rotatoire, une place spéciale est réservée à l'examen au moyen d'excitations faibles, suivant la méthode de *van Egmond, Jongkees* et *Groen*, la *cupulométrie*. L'importance des recherches de l'école d'Utrecht est soulignée. La *cupulométrie*, plus exactement la *cupulokinétographie*, s'effectue à la Clinique de Groningen au moyen d'une chaise tournante simple, mais très pratique, construite à cet effet et pourvue d'un tachymètre.

Les observations, faites chez 55 sujets normaux sont décrites; on peut en conclure, que la courbe du nystagmus postrotatoire donne une meilleure vision sur la fonction vestibulaire que l'examen classique suivant *Bárány*. La détermination de la durée de la sensation de rotation par des excitations d'intensité variable semble dans beaucoup de cas ne pas donner de résultat satisfaisant; les difficultés, qui s'y opposent sont discutées en détail.

Chez trois sujets normaux, le minimum-perceptible de la sensation de rotation fut déterminé par une large série d'épreuves au moyen d'une chaise tournante construite par *de Vries*. Il apparaît, qu'il n'existe pas une valeur minimale déterminée; à une dégression jusqu'à 0 de l'intensité d'excitation, correspond également une dégression presque jusqu'à 0 de la fraction assortissante des excitations aperçues.

Ensuite un aperçu est donné de l'excitation calorique dans ses différentes modifications. Nos propres expériences démontrèrent, conformément aux observations de *Jongkees*, que cet excitation s'effectue le mieux, lorsque la tête du malade couché, forme un angle de 30° avec le plan horizontal et que les deux conduits auditifs sont irrigés successivement par une abondante quantité d'eau (250 cc) à 44° C et 30° C pendant 25 secondes. La période

latente n'a aucune signification; c'est la durée qui est le plus important composant du nystagmus. L'exitation calorique peut nous renseigner sur l'exitabilité ou l'insensibilité de chaque organe et sur de nettes différences entre le côté gauche et le côté droit. En présence de réactions symétriques, la durée du nystagmus ne permet pas de conclure à une hypo- ou hyperréflexibilité. Une préférence de direction du nystagmus peut parfois se manifester chez des sujets normaux et n'a de ce fait pas de signification symptomatique pathologique certaine.

Chez des pigeons normaux et des pigeons sur lesquels une intervention unilatérale sur le labyrinthe fut effectuée, un examen rotatoire fut pratiqué avec des stimulants faibles et puissants. Le nystagmus de la tête chez le pigeon se prête fort bien à l'observation. Le nystagmus par des excitants d'intensité variable dans les deux directions est reproduit graphiquement, d'une manière aussi fidèle que possible, de manière à en faire ressortir tous les composants. Mis en graphique au logarithme de vitesse angulaire, il se dessine une belle courbe rectiligne, qui est une belle démonstration expérimentale de la courbe du nystagmus chez l'homme. Trois séries de pigeons furent respectivement soumises à une section du canal sémicirculaire horizontal, une extirpation du labyrinthe et une fenestration du canal sémicirculaire horizontal. La forte diminution de l'intensité réactionnelle postopératoire était remarquable et au début en parfaite concordance avec la 2^{ème} loi d'*Ewald*. A mesure que les recherches avancèrent, les phénomènes devinrent plus compliqués et dans un certain nombre de cas il se produisit une réaction paradoxale, probablement par l'installation d'une compensation centrale. Chez les pigeons fenestrés on procéda au contrôle de la réaction de *Tullio*; celle-ci démontra chez 4 pigeons une bonne fonction de la crête, et chez 2 pigeons une disparition (temporelle) du fonctionnement de la crête. Seulement chez les pigeons fenestrés il y eut un complet rétablissement au niveau préopératoire. Les deux autres séries de pigeons montrèrent une compensation suivant *Ruttin*, toutefois sans que l'intensité des réactions ne revienne au degré préopératoire.

Pour terminer, les résultats de l'examen d'environ 150 malades sont discutés. 42 malades, qui reçurent de la streptomycine et une petite série de 9 malades fenestrés, sont considérés à part. La

plupart des malades furent examinés pour troubles de vertige. Dans un certain nombre de cas l'examen vestibulaire, dont à côté de l'excitation rotatoire et calorique, l'interrogatoire et l'examen des symptômes spontanés sont d'une grande importance, donnait une idée satisfaisante de la nature et de la localisation du trouble. Pour beaucoup de malades ce n'était pas le cas. Une coopération étroite avec le neurologue est de la plus grande importance.

Il se trouve confirmé, que la méthode d'examen par de faibles excitations rotatoires suivant *van Egmond, Jongkees* et *Groen*, est très importante en clinique. Ceci vaut surtout pour la détermination de la durée du nystagmus. Par contre, les rapports dans l'examen de la sensation rotatoire sont tellement compliqués, que la valeur n'en peut encore être jugée complètement.

ZUSAMMENFASSUNG.

In dieser Dissertation wird versucht eine Einsicht in den Wert verschiedener rotatorischen und kalorischen Untersuchungsmethoden des Vestibularorgans zu bekommen. In einer Übersicht der historischen Entwicklung der rotatorischen Vestibularprüfung, wird die Methode mittels dosierten Drehschwachreizen von *van Egmond*, *Jongkees* und *Groen*, die *Cupulometrie* eingehend berücksichtigt. Der grosse Wert der Utrechtsen Untersuchungen wird beleuchtet. Die *Cupulometrie*, besser genannt *Cupulokinetographie*, wird in der Groninger Universitätsklinik ausgeführt mit einem zu diesem Zweck konstruierten einfachen, aber sehr praktischen, von einem Winkelgeschwindigkeitsanzeiger versehenen Drehstuhl.

Es werden die Beobachtungen an 55 normalen Versuchspersonen mitgeteilt. Hieraus geht hervor, dass die Kurve des postrotatorischen Nystagmus einen besseren Einsicht in der Funktionsfähigkeit der Vestibularorgane zu geben vermag als die klassische Methode *Bárány's*. Es zeigt sich, dass die Bestimmung der Dauer der rotatorischen Nachempfindungen manchmal nicht zu guten Erfolge führt; die hierbei zuvortretenden Schwierigkeiten werden eingehend berücksichtigt.

Bei 3 Versuchspersonen wird mit einem von *de Vries* konstruierten Drehstuhl in einer grossen Zahl von Experimente die Schwelle der Drehempfindung bestimmt. Es zeigt sich, dass es keinen bestimmten Minimalwert gibt; mit Verkleinerung der Impulswerte nach 0, nimmt auch die zugehörige Fraktion der zur Wahrnehmung kommenden Impulse praktisch zu 0 ab.

Darauf wird eine Übersicht gegeben der verschiedenen kalorischen Reizmethoden. Mit Hilfe eigener Wahrnehmungen und in Übereinstimmung mit *Jongkees* wird gefunden, dass man die Vestibularorgane am besten reizt, wenn man am liegenden Patienten, dessen Kopf 30 % über der Horizontalebene erhoben ist, die beiden

äusseren Gehörgänge hintereinander mit genügenden Mengen Wassers (250 cc) von 44° C und 30° C während 25 Sekunden ausspült. Die Latenzzeit wird keinen Wert zugemessen; von den verschiedenen Nystagmuskomponenten ist die Dauer die wichtigste. Die kalorische Reizmethode vermag Auskunft zu geben über die all-oder nicht-bestehenden Reizungsfähigkeit jedes Organs und über deutliche Unterschiede zwischen die linke und rechte Seite. Die Dauer lässt, bei symmetrischen Reaktionen, keine Schlussfolgerungen zu hinsichtlich Hyper-oder Hyporeflexie. Eine Nystagmusbereitschaft wird mitunter auch bei normalen Versuchspersonen gefunden und ist demnach kein sicheres pathologisches Symptom.

Normale Tauben und Tauben, welche einseitigen Eingriffen am Labyrinth unterzogen wurden, wurden mittels rotatorischen Schwach-und Starkreizen untersucht. Der Kopfnystagmus der Taube ist einer genauen Beobachtung vorzüglich zugänglich. Der Nystagmus nach Drehreizen verschiedener Grösse in beiden Richtungen wurde möglichst getreu graphisch dargestellt. Hierbei werden die verschiedenen Komponente gut zum Ausdruck gebracht. Wenn diese Komponente gesondert in einer graphischen Vorstellung gegen den Logarithmus der Winkelgeschwindigkeit abgesetzt werden, wird fast immer eine gerade Linie geformt, die eine gute experimentelle Bestätigung der Nystagmuskurven beim Menschen liefert. Bei 3 Gruppen von Tauben wurde beziehungsweise eine Bogengangsdurchtrennung, eine Labyrinthextirpation und eine Bogengangsfenestration vorgenommen. Bei allen Tieren war der starke postoperative Rückgang der Reaktionsintensität auffällig. Gleich nach der Operation waren die Reaktionen in gutem Einklang mit dem 2en Gesetz *Ewalds*. In den folgenden Tagen und Wochen wurden die Phänomene komplizierter und mitunter trat eine paradoxe Reaktion auf, vielleicht als Folge einer eintretenden zentralen Kompensation. Bei den fenestrierten Tauben wurde postoperativ die *Tullio'sche* Reaktion geprüft. Bei 4 Tauben wurde hiermit eine gute Crista-funktion festgestellt, bei 2 Tauben wurde eine (wenigstens zeitliche) Crista-ausfall gefunden. Eine völlige Wiederherstellung der pre-operativen Reaktionswerte wurde nur bei den fenestrierten Tauben gefunden. Bei den beiden anderen Gruppen van Tauben trat eine Kompensation im Sinne

Ruttins immer auf, aber die Intensität der Reaktionen blieb unter der pre-operativen Stufe.

Es wurden schliesslich die Ergebnisse der Prüfung von rund 150 Patienten besprochen. Hierbei wurden eine Gruppe von mit Streptomycin behandelten Patienten und eine kleine Serie fenestrierten Patienten gesondert ins Auge gefasst. Die Mehrzahl der Patienten wurde untersucht wegen Schwindelanfälle. In einen Teil dieser Fälle gab die Vestibularprüfung, wobei nebst der rotatorischen und kalorischen Prüfung auch die Anamnese und die Prüfung auf spontanen vestibulären Symptome sehr wertvoll sind, eine befriedigende Einsicht in die Art und Lokalisation der Störung. Bei vielen Patienten war dies nicht der Fall. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Neurologen ist von grösster Wichtigkeit.

Es wurde bestätigt dass die Prüfungsmethode mittels dosierten Drehschwachreizen von *van Egmond*, *Jongkees* und *Groen* klinisch sehr wichtig ist. Besonders trifft dies zu für die Bestimmung der Nystagmusdauer. Die Verhältnisse bei den Drehnachempfindungen dagegen, sind so verwickelt, dass die Wert dieser Untersuchungsmethode noch nicht genügend übersehen werden kann.

LIJST VAN GERAADPLEEGDE LITTERATUUR.

- AHLÉN G. Experimental studies of the vascular symptoms of labyrinthine fistulas with a brief historical survey, *Acta Otolar.* 31-519-1943.
- ALEXANDER G. u. BRUNNER H. Über labyrinthäre Übererregbarkeit, *Ztschr. f. H.N.O. Heilk.* 3-243-1922.
- ARNULF G. L'infiltration stellaire, Paris 1947.
- ARSLAN KH. Nouvelles méthodes de sémiologie vestibulaire; essai pour une standardisation des examens vestibulaires, *Rev. de Laryngol.* 55-79-1934.
- ARSLAN KH. Physiologie des canaux semi-circulaires et de l'appareil otolithique, *Acta O.R.L. Belg.* 4-224-1950.
- ASCHAN G. Postrotatorischer Nystagmus mit und ohne Frenzel'scher Brille, *Acta Otolar.* 36-1-1948.
- ATKINSON M. Observations on the etiology and treatment of Menière's syndrome, *Y.A.M.A.* 16-116-1941.
- AUBRY M. Oto-Neurologie, Paris 1944.
- AUBRY M. et CAUSSÉ R. Technique de l'examen des canaux verticaux, *Ann. d'Otolar.* 1331-1931.
- BARANY R. Untersuchungen über den vom Vestibularapparate des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 40-191-1906.
- BARANY R. Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparate reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 41-477-1907.
- BARANY R. Physiologie und Pathologie des Bogengangapparates, Wien 1907.
- BARANY R. Dauernde Veränderung des spontanen Nystagmus bei Veränderung der Kopfage, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 47-481-1913.
- BARRÉ J. A. Essai sur les syndromes topographiques des voies vestibulaires chez l'homme, *Rev. d'Oto-Neuro-Ophtalmol.* 15-354-1937.
- BARTELS M. Über die vom Ohrapparat ausgelösten Augenbewegungen, *Kl. Monatschr. f. Augenheilk.* 50-200-1912.
- BARTELS M. Der Drehnystagmus nach Ausschaltung der Fixation, *Ztschr. f. H.N.O. Heilk.* 5-131-1923.
- BAUER J. u. LEIDLER R. Einfluss der Ausschaltung verschiedener Hirnabschnitte auf die vestibulären Augenreflexen, *Arb. a. d. neur. Inst. d. Univ. Wien* 19-155-1911.
- BECHTEREW W. Ergebnisse der Durchschneidung des N. acusticus nebst Erörterung der Bedeutung der semizirkulären Kanäle für das Körpergleichgewicht, *Pfl. Arch.* 30-312-1883.
- BENJAMINS C. E. u. HUIZINGA E. Untersuchungen über die Funktion des Vestibularapparates bei der Taube Mitt. I, *Pfl. Arch.* 217-104-1927.
- BENJAMINS C. E. u. HUIZINGA E. Untersuchungen über die Funktion des Vestibularapparates bei der Taube Mitt. II, *Pfl. Arch.* 220-565-1928.
- BENJAMINS C. E. u. HUIZINGA E. Untersuchungen über die Funktion des Vestibularapparates bei der Taube Mitt. III, *Pfl. Arch.* 221-105-1928.

- BENJAMINS C. E. en de KLEYN A. P. H. A. Het vestibulaire zintuig, Nederl. Leerboek der Physiologie VI, A'dam 1940.
- BIEMOND A. On a new form of experimental position nystagmus in the rabbit and its clinical value, Proc. Kon. Ned. Acad. v. Wetensch. 18-370-1939.
- BLUMENTHAL A. Zur Erklärung des kalorischen Nystagmus, Passow-Schäfer's Beitr. 20-307-1923/24.
- v. d. BOORN M. C. J. De beteekenis van een uitgebreid vestibulair onderzoek bij subjectieve klachten na schedeltraumata, Acad. Proefschrift, A'dam 1942.
- BORRIES G. V. T. Theorie des kalorischen Nystagmus, Arch. f. O.N.K. Heilk. 113-117-1925.
- ter BRAAK J. W. G. Untersuchungen über optokinetischen Nystagmus, Arch. neerl. de Physiol. 21-309-1936.
- BREUER J. Über die Bogengänge des Ohrlabyrinthes, Wiener Med. Jahrbuch 1873.
- BREUER J. Über die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinthes, Wiener Med. Jahrbuch 1874.
- BREUER J. Neue Versuche an den Ohrbogengänge, Pfl. Arch. 44-135-1889.
- BREUER J. Über die Funktion der Otolithenapparate, Pfl. Arch. 48-195-1891.
- BROWN H. A. and HINSHAW H. C. Toxic reaction of streptomycin on the eighth nerve apparatus, Proc. Staff. Meet. Mayo Clin. 21-347-1946.
- BRÜNNINGS H. Beiträge zur Theorie, Methodik und Klinik der kalorischen Funktionsprüfung des Bogengangapparates, Ztschr. f. Ohrenheilk. 63-20-1911.
- BRUNNER H. Allgemeine Symptomatologie der Erkrankungen des N. vestibularis, seines peripheren und zentralen Ausbreitungsgebietes, Handbuch d. Neurol. d. Ohres I-1924.
- de BURLET M. Der perilymphatische Raum des Meerschweinchenohres, Anat. Anzeihn. 53-302-1920.
- BUYS E. Beitrag zum Studium der Drehnystagmus, Monatschr. f. Ohrenheilk. 47-675-1913.
- BUYS E. Du fonctionnement des centres du nystagmus, Bull. de la Soc. Belge d'O.R.L. 4-156-1913.
- BUYS E. et RYLANDT P. Méthode d'exploration de l'oreille non-accoustique, Ann. d'O.R.L. 160-1933.
- BIJTEL J. Dissociatie van het psychogalvanische reflexverschijnsel bij prikkeling van de achtste hersenzenuw, N. T. v. G. 87-1042-1943.
- CAWTHORNE T. E., FITZGERALD G. and HALLPIKE C.S. Observations on the directional preponderance of caloric nystagmus resulting from unilateral labyrinthectomy, Brain. 65-138-1942.
- CAWTHORNE T. E., FITZGERALD G. and HALLPIKE C.S. Observations on the clinical features of Menière's disease with special reference to the results of the caloric tests, Brain. 65-161-1942.
- CAWTHORNE T. E. The treatment of Menière's disease, J. Laryngol. a. Otol. 58-363-1943.
- CAWTHORNE T. E. Menière's disease, Ann. o. O.R.L. 56-18-1947.
- CRABBÉ F. Étude critique des techniques d'examen labyrinthique, J. Belge de Neur. et de Psych. 44/46-541, 611, 691-1946.
- CRABBÉ F. La fonction vestibulaire, Acta O.R.L. Belg. 4-342-1950.
- CRUM BROWN A. On the sense of rotation and the anatomy and physiology of the semicircular canals of the inner ear, J. Anat. a. Physiol. 8-327-1874.

- DANDY W. E. The surgical treatment of Menière's disease, *Surg. Gyn. a. Obst.* 72-421-1941.
- DAY K. M. Labyrinth surgery for Menière's disease, *Laryngosc.* 53-617-1943.
- DAY K. M. Hydrops of the labyrinth (Menière's disease). Diagnosis, results of labyrinth surgery, *Laryngosc.* 56-33-1946.
- v. DEINSE J. B. Het Menière syndroom, *Acad. Proefschrift*, A'dam 1946.
- v. DEVIVERE D. and de KLEYN A. P. H. A. A new form of position nystagmus, *Acta Otolar.* 30-97-1940.
- DOHLMANN G. Physikalische und physiologische Studien zur Theorie des kalorischen Nystagmus, *Acta Otolar. Suppl.* 5, 1925.
- DROOGLEVER FORTUIJN J. en van der WAALS H. J. De optokinetische nystagmus bij lijdens aan haardprocessen in het centrale zenuwstelsel, *N. T. v. G.* 84-4602-1940.
- DUSSER de BARENNE J. G. u. de KLEYN A. P. H. A. Vestibularundersuchungen nach Ausschaltung einer Grosshirnhemisphäre beim Kaninchen, *Graefes Arch.* 111-374-1923.
- DZSINICH A. u. GALLÉ T. Zum Wirkungsmechanismus des Histamins, *Ztschr. f. kl. Med.* 135-669-1923.
- v. EGMOND A. A. J., JONGKEES L. B. W. en GROEN J. J. Quantitatief onderzoek over de geldigheid van de opvatting van Mach—Breuer—Steinhausen betreffende de cupula-beweging in het binnenoor van den mensch, *N. T. v. G.* 87-1793-1943.
- v. EGMOND A. A. J. Het normale cupulogram, *Ned. K.N.O. Heelk. Ver.* 1947.
- v. EGMOND A. A. J. Het bepalen van de functie der halfcirkelvormige kanalen door kleine reguleerbare prikkels, *N. T. v. G.* 95-421-1951.
- ESCHER F. Differentialdiagnose und Therapie des Schwindels, *Praxis* 40-192-1951.
- VAN EUNEN A. J. H. De reactie van Tullio in verband met de functie van het middenoor, *Acad. Proefschrift*, Groningen 1943.
- VAN EUNEN A. J. H., HUIZING H. C. u. HUIZINGA E. Die Tullio'sche Reaktion in Zusammenhang mit der Funktion des Mittelohres, *Acta Otolar.* 31-265-1943.
- EWALD J. R. Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des N. octavus bei der Taube, Wiesbaden 1892.
- v. EYCK M. Recherches sur l'électrophysiologie des ampoules des canaux sémi-circulaires chez le pigeon, *Acta O.R.L. Belg.* 4-161-1950.
- FERMIN H. Het richtingsmechanisme van de vestibulaire nystagmus, *Acad. Proefschrift* A'dam 1951.
- FISCHER H. u. WODAK E. Beiträge zur Physiologie des menschlichen Vestibularapparates; Drehempfindungen und Drehnachempfindungen bei und nach passiver rotatorischen Reizung, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 58-70-1924.
- FISCHER M. H. u. VEITS C. Beiträge zur Physiologie des menschlichen Vestibularapparates, *Pfl. Arch.* 217-357-1927.
- FISCHER M. H. Die Regulationsfunktion des menschlichen Labyrinthes, *Erg. d. Physiol.* 27-209-1928.
- FITZGERALD G. and HALLPIKE C. S. Observations on the directional preponderance of caloric nystagmus resulting from cerebral lesions, *Brain.* 65-115-1942.
- FLOURENS P. Expériences sur les canaux sémicirculaires de l'oreille, *Mem. de l'Acad.* 1828 (gecit. n. Magnus en de Kleyn: *Handb. d. Neurol. d. Ohres* I-1924).

- FLOURENS P. Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux des animaux vertébrés, 2ème Ed. Paris 1842.
- FLOURENS P. Comptes rendus de l'Académie de Science, 1861.
- FRENZEL H. Beiträge zur Theorie und Methodik der thermischen Vestibular-
erregung, Arch. f. O.N.K. Heilk. 113-233-1925.
- v. FRISCH K. u. STETTER H. Untersuchungen über den Sitz des Gehörsinnes
bei der Elritze, Ztschr. f. vergl. Physiol. 17-686-1932.
- FUYIMORI S. Ein neuer Prüfungsversuch über das Zustandekommen der
kalorischen Reaktion des Labyrinthes, Klin. Wochenschr. 3-885-1924.
- GAEDE W. Über die Bewegung der Flüssigkeit in einem rotierenden Hohlring,
Arch. f. O.N.K. Heilk. 110-6-1922.
- GERLINGS P. G. Peripheral positional nystagmus, J. Laryngol. a. Otol. 62-147-
1948.
- GLORIG A. a. FOWLER E. P. Jr. Tests for labyrinth function following
streptomycin therapy, Ann. o. O.R.L. 56-379-1947.
- GOLTZ F. Über die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlaby-
rinthes, Pfl. Arch. 3-172-1870.
- GRAHE K. Weitere Mitteilungen über die Auslösung des Nystagmus durch
5 cc-Spülung, Passow-Schäfer's Beitr. 17-251-1921.
- GRAHE K. Funktionsprüfung des Vestibularapparates durch Drehschwach-
reize, Ztschr. f. H.N.O. Heilk. 11-391-1925.
- GROEBBELS H. Die Lage- und Bewegungsreflexe der Vögel: der Effekt der
operativen Entfernung der Bogengänge und Ampullen auf die Lage- und
Bewegungsreflexe bei der Haustaube, Pfl. Arch. 214-721-1926.
- GROEN J. J. en JONGKEES L. B. W. Bewijs voor het bestaan van twee
afzonderlijke organen voor de perceptie van lineaire- en hoekversnelling-
en, N. T. v. G. 88-531-1944.
- GROEN J. J. De booggang als slingersysteem, N. T. v. G. 90-315-1946.
- GROEN J. J. and JONGKEES L. B. W. The threshold of angular acceleration
perception, J. o. Physiol. 107-1-1948.
- GROEN J. J. and JONGKEES L. B. W. The turning test with small regulable
stimuli III: The advantages of cupulometria over the classic technique of
Bárány, J. Laryngol. a. Otol. 62-231-1948.
- GROEN J. J. and JONGKEES L. B. W. The turning test with small regulable
stimuli IV: The cupulogram obtained by subjective angle estimation,
J. Laryngol. a. Otol. 62-236-1948.
- GROEN J. J. De evenwichtszintuigen; Medische Physica, A'dam 1949.
- HALLPIKE C. S. The investigation of Menière's disease, J. Laryngol. a. Otol.
43-349-1943.
- HAUTANT J. Rapport sur l'étude clinique de l'examen fonctionnel de l'appareil
vestibulaire, Rev. Neurol. 34-908-1927.
- HENNEBERT P. E. Labyrinthites hérédosyphilitiques avec réactions oculaires
par l'épreuve pneumatique, 13ème Congres Ann. de la Soc. Belge d'Otol.
- HÖGYES A. Über den Nervenmechanismus der assoziierten Augenbewegungen
(vert. Sugár), Berlin 1913.
- HUIZINGA E. u. BENJAMINS C. E. Die Pars inferior und Pars superior
Taube, I Congres internat. d'O.R.L. Copenhagen 1928.
- HUIZINGA E. Untersuchungen über die galvanische Reaktion des Vestibular-
apparates bei der Taube, Pfl. Arch. 224-569-1930.
- HÜIZINGA E. Über die galvanische Vestibularreaktion und über die Folgen
der Extirpation des Scarpa'schen Ganglions bei der Taube, Pfl. Arch.
226-709-1931.

- HUIZINGA E. Teilweise Entfernung der Pars superior labyrinthi bei der Taube, Pfl. Arch. 229-30-1932.
- HUIZINGA E. Labyrinthausfall und galvanische Vestibularisreaktion bei der Taube, Pfl. Arch. 229-466-1932.
- HUIZINGA E. Experimentelle Untersuchungen am Bogengangapparat der Taube, Acta Otolar. 20-76-1934.
- HUIZINGA E. Über die Schallreflexe von Tullio, Pfl. Arch. 234-665-1934.
- HUIZINGA E. Durchschneidung aller Bogengänge bei der Taube, Pfl. Arch. 236-52-1935.
- HUIZINGA E. Über die Ausfallserscheinungen nach einseitiger Labyrinthextirpation bei der Taube, Acta Otolar. 27-377-1939.
- HUIZINGA E. The classification of the labyrinthine reflexes, Acta Otolar. 27-662-1939.
- HULK J. Cupulometrie, Acad. Proefschrift, Utrecht 1949.
- HULK J. and JONGKEES L. B. W. Vestibular examination in cases of otosclerosis, J. Laryngol. a. Otol. 64-126-1950.
- JONES I. H. and FISHER L. Equilibrium and Vertigo, Philadelphia 1918.
- JONGKEES L. B. W. and GROEN J. J. Considerations regarding the secondary after-sensations caused by a stimulation of the semicircular canal system, J. Laryngol. a. Otol. 61-241-1946.
- JONGKEES L. B. W. The value of the caloric test, Arch. Otolaryngol. 48-402-1948.
- JONGKEES L. B. W. The origin of the caloric reaction of the labyrinth, Arch. Otolaryngol. 48-645-1948.
- JONGKEES L. B. W. Which is the preferable method of performing the caloric test, Arch. Otolaryngol. 49-549-1949.
- JONGKEES L. B. W. and HULK J. Changes in vestibular reaction after the fenestration operation, J. Laryngol. a. Otol. 63-225-1949.
- JONGKEES L. B. W. and HULK J. The action of streptomycin on the vestibular function, Arch. Otolaryngol. 38-225-1950.
- JONGKEES L. B. W. and HULK J. The various movements of the human eye on rotation about different axes, Acta Otolar. 38-274-1950.
- de KLEYN A. P. H. A. Über vestibulären Augenreflexe IV: Experimentelle Untersuchungen über die schnelle Phase des vestibulären Nystagmus beim Kaninchen, Pfl. Arch. 107-480-1922.
- de KLEYN A. P. H. A. and VERSTEEGH C. Some experimental remarks on Menière's disease, Acta Otolar. 6-38-1924.
- de KLEYN A. P. H. A. u. VERSTEEGH C. Schwindelanfälle und Nystagmus bei einer bestimmten Lage des Kopfes, Acta Otolar. 6-99-1924.
- de KLEYN A. P. H. A. u. NIEUWENHUIJSE P. Schwindelanfälle und Nystagmus bei einer bestimmten Haltung des Kopfes, Acta Otolar. 11-155-1927.
- de KLEYN A. P. H. A. en RADEMAKER G. G. J. Experimenteel onderzoek van den optischen nystagmus, Ned. K.N.O. Heelk. Ver. 1928.
- de KLEYN A. P. H. A. u. VERSTEEGH C. Experimentelle Untersuchungen über den sogenannten Lagennystagmus während akuter Alkoholvergiftung bei Kaninchen, Acta Otolar. 14-356-1930.
- de KLEYN A. P. H. A. u. VERSTEEGH C. Über labyrinthäre Gleichgewichtsreaktionen bei Menschen und Tiere nach schnellem Kippen um die longitudinale Achse, Acta Otolar. 24-34-1936.
- de KLEYN A. P. H. A. Some remarks on vestibular nystagmus, Proc. Kon. Ned. Acad. v. Wetensch. 41-552-1938.

- de KLEYN A. P. H. A. Corticale en subcorticale optokinetische nystagmus, N. T. v. G. 84-1895-1940.
- de KLEYN A. P. H. A. Beoordeeling van subjectieve aangiften door objectief onderzoek, N. T. v. G. 90-760-1946.
- de KLEYN A. P. H. A. (†) en van DEINSE J. B. De invloed van streptomycine op het vestibulaire systeem, N. T. v. G. 94-106-1950.
- KOBRAK F. Beiträge zum experimentellen Nystagmus, Passow-Schäfer's Beitr. 10-214-1918.
- KOBRAK F. Zur Frage einer exakten Messbarkeit der Sensibilität des Vestibularapparates, Monatschr. f. O.N.K. Heilk. 105-132-1919.
- LEDoux A. Les courants d'action dans le nerf vestibulaire, Acta O.R.L. Belg. 4-229-1950.
- LEIDLER A. Versuch einer psychologischen Analyse des Schwindels, Monatschr. f. O.N.K. Heilk. 55-2-1921.
- LEIDLER A. Der Schwindel, Handbuch der Neurologie des Ohres I 1924.
- LEVY I. and O'LEARY J. L. The incidence of vertigo in neurological conditions, Ann. o. O.R.L. 56-557-1947.
- LEWY A. The symptomatology of vertigo, Ann. o. O.R.L. 56-534-1947.
- LINDSAY J. R. Pathology of vertigo arising from the peripheral vestibular apparatus, Ann. o. O.R.L. 56-541-1947.
- LORENTE DE NÒ. Die Labyrinthreflexen auf den Augenmuskeln nach einseitiger Labyrinthextirpation, Berlin 1928.
- LÖWENSTEIN O. and SAND A. The mechanism of the semicircular canals, Proc. Royal Soc. Med. 129-256-1940.
- LYMAN H. W. Menière's: a synonym of confusion, Ann. o. O.R.L. 56-352-1947.
- MAC NALLY W. J. and TAIT J. An analysis of the limb responses to semicircular canal stimulation in the frog, Ann. o. O.R.L. 38-1121-1929.
- MAC NALLY W. J. The physiology of the vestibular mechanism in relation to vertigo, Ann. o. O.R.L. 56-514-1947.
- MACH E. Grundlinie der Lehre von den Bewegungsempfindungen, Leipzig 1875.
- MAGNUS R. u. de KLEYN A. P. H. A. Experimentelle Physiologie des Vestibularapparates bei Säugetieren mit Ausschluss des Menschen, Handbuch der Neurologie des Ohres I 1924.
- MAIER M. u. LION H. Experimenteller Nachweis der Endolymphbewegung des Ohrlabyrinthes bei adäquater und kalorischer Reizung, Pfl. Arch. 187-47-1921.
- MAXWELL S. S. Labyrinth and Equilibrium, Philadelphia 1923.
- MENIÈRE P. Mémoires sur les lésions de l'oreille interne donnant lieu aux symptômes de congestion cérébrale et apoplectiforme, Gaz. Med. 88-1861.
- v. d. MEULEN P. Vestibulaire en optokinetische nystagmus bij de duif, Acad. Proefschrift, Groningen 1950.
- MEURMAN Y. Experimental investigations on conduction of warmth to the labyrinth of the ear and on the caloric nystagmus, Acta Otolar. 6-556-1924.
- MONTANDON A. Le labyrinth et le système nerveux végétatif, Pract. O.R.L. 7-285-1945.
- MYGIND S. A. Über vertikalen Nystagmus, Arch. f. Ohrenheilk. 128-69-1931.
- MULDER W. Quantitatieve betrekking tusschen prikkel en effect bij het statisch orgaan, Acad. Proefschrift, Utrecht 1908.
- NYLEN C. O. Some cases of ocular nystagmus due to certain positions of the head, Acta Otolar. 6-106-1924.

- NYLEN C. O. A clinical study on positional nystagmus in cases of brain tumour, *Acta Otolar. Suppl.* 15-1931.
- NYLEN C. O. The otoneurological diagnosis of tumours of the brain, *Acta Otolar. Suppl.* 33-1939.
- NYLEN C. O. Einiges über die Entwicklung der klinischen Vestibularforschung während der letzten 25 Jahre, besonders bezüglich des Labyrinthfistelsymptoms und des Lagenystagmus, *Acta Otolar.* 31-223-1943.
- OHM J. Untersuchungen des Augenzitterns, *Handbuch der Neurologie des Ohres I* 1924.
- OHM J. Zur Augenzitterkunde Mitteilung I, *Graefe's Arch.* 116-521-1926.
- OHM J. Zur Augenzitterkunde Mitteilung II, *Graefe's Arch.* 117-174-1926.
- OHM J. Zur Augenzitterkunde Mitteilung III, *Graefe's Arch.* 117-348-1926.
- QUIX F. H. Het verband tusschen den vorm van den vestibulären nystagmus en de prikkels in het systeem der halfcirkelvormige kanalen, *N. T. v. G.* 72-1-1928.
- QUIX F. H. De ontleding van den booggangnystagmus in zijn enkelvoudige componenten, *N. T. v. G.* 84-3339-1940.
- RADEMAKER G. G. J. et GARCIN R. l'épreuve d'adaptation statique, *Rev. Neur.* 15-566-1933.
- RADEMAKER G. G. J. Merkwaaardige stoornissen der labyrinthaire en optische reacties in een geval van hydrocephalus internus, *N. T. v. G.* 78-4815-1934.
- ROELOFS C. O. Nystagmus latens, *Arch. f. Augenh.* 98-401-1928.
- v. ROSSUM A. Gewaarwordingen en reflexen, opgewekt vanuit de halfcirkelvormige kanalen, *Acad. Proefschrift, Utrecht* 1907.
- ROTHFELD J. Über den Einfluss akuter und chronischer Alkoholvergiftung auf die vestibulären Reaktionen, *Arb. a. d. neurol. Inst. d. Univ. Wien* 20-88-1913.
- RUEDI L. u. FURRER W. Das akustische Trauma, *Bern* 1946.
- RUTTIN E. Über Kompensation des Drehnystagmus, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 48-1118-1914.
- RUTTIN E. Über Lageschwindel und Schwindellage, Lagenystagmus und Nystagmuslage, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 70-455 en 70-523-1936.
- SCHMALTZ G. u. VÖLGER G. Über die Temperaturbewegung im Felsenbein bei der kalorischen Reizung des Vestibularapparates, *Pfl. Arch.* 204-708-1924.
- SCHMALTZ G. Über die Reizvorgänge an den Endorganen des N. octavus: Die Vorgänge im Bogengang bei der kalorischen Reizung, *Pfl. Arch.* 208-424-1925.
- SCHMALTZ G. Über die Reizvorgänge an den Endorganen des N. octavus: Die Beziehungen der Fischer'schen Pulsionsreflexe zur Strömungsgeschwindigkeit der Endolympe, *Pfl. Arch.* 217-390-1927.
- SCHILLING R. Über die Strömung der Endolympe im Vestibularapparat, *Arch. f. O.N.K. Heilk.* 110-6-1922.
- SCHÖNEMANN A. Schläfenbein und Schädelbasis, *Neue Denkschr. d. Allg. Schweiz. Ges. f. Naturwiss.* 40-89-1906.
- SEIFERTH L. B. Die Bedeutung des Lagenystagmus für die otologische und neurologische Diagnostik, *Arch. f. O.N.K. Heilk.* 143-52-1937.
- SPIEGEL E. A. and SOMMER I. *Neurology of the Eye, Ear, Nose and Throat*, New York 1944.

- SPIEGEL E. A. and PRICE J. B. Origin of the quick component of labyrinthine nystagmus, *Arch. Otolar.* 30-576-1939.
- STEINHAUSEN W. Über den Nachweis der Bewegungen der Cupula in der intakten Bogengangsampulle bei der natürlichen rotatorischen und calorischen Reizung, *Pfl. Arch.* 228-322-1931.
- STEINHAUSEN W. Über die Beobachtung der Cupula in den Bogengangsampullen des lebenden Hechts, *Pfl. Arch.* 232-500-1933.
- STEINHAUSEN W. Das Bogengangssystem des inneren Ohres als Wahrnehmungsorgan für Drehungen, *Veröff. d. Reichsstelle f. d. Unterrichtsfilm C* 323/1939.
- THIELEMANN M. B. Die experimentelle Ausschaltung der Bárány'schen Abweichreaktion, *Passow-Schäfer's Beitr.* 20-213-1923/24.
- TOMPSETT R. Relation of dosage to streptomycin toxicity, *Ann. o. O.R.L.* 57-181-1947.
- TÖNNIES J. F. Drehstuhl mit unterschwelliger Anfangsbeschleunigung, *Ztschr. f. H.N.O. Heilk.* 30-535-1932.
- TOPOLENSKY A. Das Verhalten der Augenmuskeln bei zentraler Reizung, *Graefe's Arch.* 46-452-1898.
- TULLIO P. Das Gehör und die Entstehung von Sprache und Schrift (vert. A. Jellinek), *Wien* 1929.
- URBANTSCHITSCH E. Nystagmus gegen die gleichnamige Seite, *Monatschr. f. Ohrenheilk.* 51-56-1917.
- VEITS C. Der gegenwärtige Stand der menschlichen Vestibularisphysiologie, *Zentr.bl. H.N.O. Heilk.* 17-481-1931.
- VEITS C. Zur Drehprüfung, *Ztschr. f. H.N.O. Heilk.* 29-368-1931.
- VEITS C. Zur anatomischen Charakteristik der absoluten kalorischen Indifferenzlagen, *Arch. f. O.N.K. Heilk.* 118-303-1928.
- VERSTEEGH C. Ergebnisse partieller Labyrinthextirpation bei Kaninchen, *Acta Otolar.* 11-303-1927.
- VILSTRUP Th. Studies on the structure and function of the semicircular canals, *Copenhagen* 1950.
- VOOGD J. Experimentele diplacusis, *Ned. K.N.O. Heelk. Ver.* 1946.
- de VRIES Hl. The minimum perceptible angular acceleration under various conditions, *Acta Otolar.* 37-218-1949.
- VROLIJK J. M. Microphonische effecten in het labyrinth van de duif, *Acad. Proefschrift, Groningen* 1951.
- WILLIAMS H. L. The present status of the diagnosis and treatment of endolymphatic hydrops, *Ann. o. O.R.L.* 56-614-1947.
- de WIT G. Gehoorsbeschadiging door lawaai, *Acad. Proefschrift, A'dam* 1940.
- WITTMACK K. Über Veränderungen im inneren Ohre nach Rotationen, *Verhandl. d. Deutschen Otol. Ges.* 18-150-1909.
- WOJATSCHEK W. Klinische Messung der Otolithenfunktion, *Acta Otolar.* 24-11-1936.
- WOLETZ F. Quantitativen Untersuchungen über den postrotatorischen Nystagmus, *Ztschr. f. H.N.O. Heilk.* 33-476-1933.